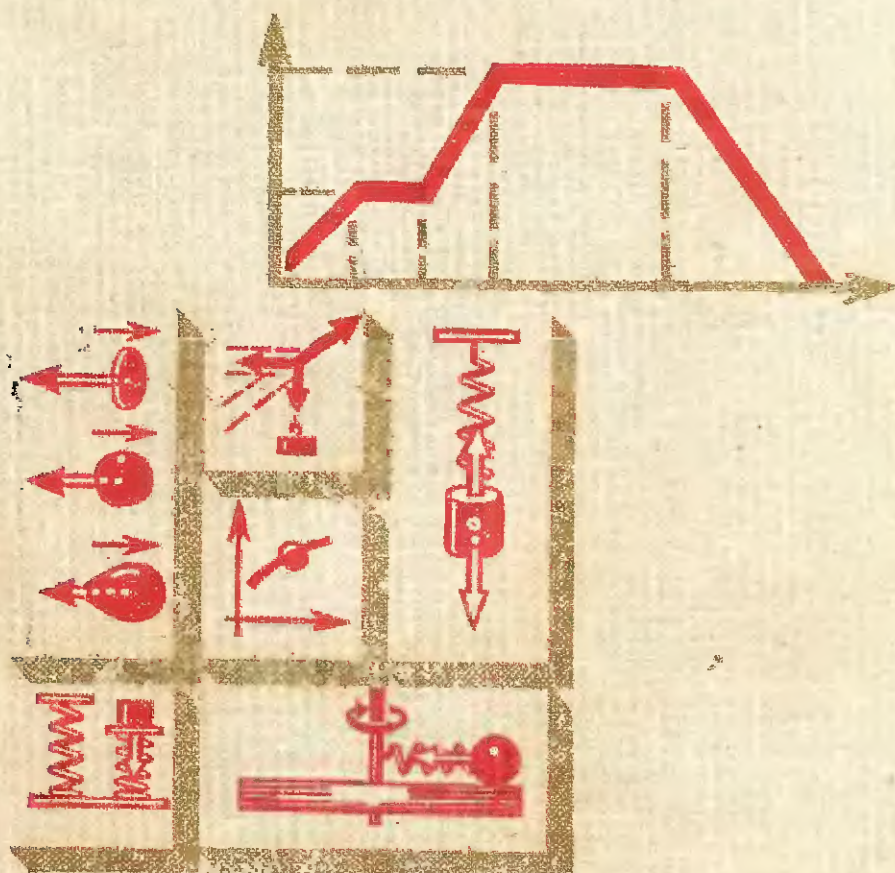


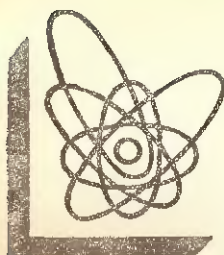
53(07)
М54

Библиотека учителя физики



1

**Методика
преподавания
физики 8·10**



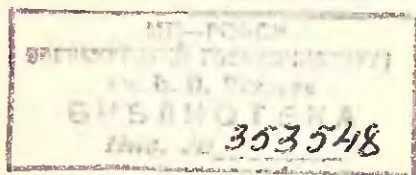
**Библиотека
учителя
физики**

Методика преподавания физики

в 8—10 классах
средней школы

ЧАСТЬ 1

Под редакцией В. П. Орехова
и А. В. Усовой



МОСКВА «ПРОСВЕЩЕНИЕ» 1980

ББК 74.265.1
М 54

*Рекомендовано к изданию Главным управлением школ
Министерства просвещения СССР*

Авторский коллектив:

В. П. ОРЕХОВ, А. В. УСОВА, И. К. ТУРЫШЕВ, Ю. И. ЛУКЬЯ-
НОВ, В. В. ЗАВЬЯЛОВ, И. А. ИЛЬДЯЕВ, Р. И. МАЛАФЕЕВ,
З. А. ВОЛОГОДСКАЯ, В. Н. МОЩАНСКИЙ

М 54 **Методика преподавания физики в 8—10 классах средней школы. Ч. 1/В. П. Орехов, А. В. Усова, И. К. Турышев и др.; Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой.— М.: Просвещение, 1980.—320 с., ил.— (Б-ка учителя физики).**

В книге освещены общие вопросы методики преподавания физики в VIII—X классах средней школы, даны методические рекомендации по преподаванию механики в VIII классе. Большое внимание уделено политехнической направленности изложения материала, выводам и обобщениям методологического характера.

М $\frac{60501-834}{103(03)-80}$ подписное 4306011100

ББК 74.265.1
53

© Издательство «Просвещение», 1980 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Советская школа призвана осуществлять органическое соединение обучения и коммунистического воспитания учащихся, давать им глубокие знания основ наук, политехническую и трудовую подготовку, профессиональную ориентацию, вооружать конкретными трудовыми навыками для работы в народном хозяйстве. Решение этих задач, являясь реализацией ленинских принципов о единой трудовой политехнической школе, указаний XXV съезда КПСС, положений новой Конституции СССР и постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательных школ и подготовки их к труду», требует постоянного повышения теоретического уровня и методического мастерства учителей.

Главная цель данного пособия и состоит в оказании учителю физики средней школы необходимой помощи в решении стоящих перед ним ответственных учебно-воспитательных задач на новом этапе развития школы.

В результате перестройки преподавания курса физики в прошлые годы значительно возрос его научный уровень, изменилась методика преподавания многих вопросов. Осмысление и методическое освоение нового содержания предмета в соответствии с успехами научно-технической революции остается важной задачей и на последующие годы. Поэтому в пособии уделяется значительное место современной научной трактовке учебного материала, приводятся в помощь учителю сведения о новейших достижениях науки и техники, даются рекомендации об их применении в адаптированном виде на занятиях по физике в средней школе.

При этом обращается внимание на политехническую направленность всех разделов программного учебного материала, его связь с жизнью, с подготовкой учащихся к труду, их профориентацией (гл. 5).

Особое внимание уделяется также вопросам идейно-политического воспитания учащихся (гл. 4) и формирования их научного мировоззрения (гл. 3).

Решение указанных сложных учебно-воспитательных задач предполагает дальнейшее совершенствование методов преподавания, активизацию познавательной деятельности учащихся. Этим вопросам в пособии также отведено значительное место (гл. 5—9). Труд учителя — это творческий процесс, постоянное искание нового. Поэтому авторы сочли необходимым специально осветить вопросы научной организации труда учителя физики и элементы научно-исследовательской работы в его труде (гл. 12 и 13). В этих же целях

в помощь учителю приводятся обстоятельные списки литературы, разбираются варианты различных методических подходов и т. д.

Данное пособие в двух частях вместе с «Методикой преподавания физики в 6—7 классах средней школы» (М., «Просвещение», 1976) составит трехтомник, освещающий важнейшие вопросы методики преподавания физики в средней школе. В первой части рассматриваются общие вопросы методики преподавания физики в XIII—X классах и методика преподавания физики в VIII классе. Общие вопросы методики излагаются с учетом того, что уже нашло отражение в «Методике преподавания физики в 6—7 классах средней школы».

Главное внимание в пособии уделено специфике преподавания физики в старших классах средней школы: особенностям методов и форм обучения, развитию наиболее важных физических понятий, особенностям внеклассной работы, а также вопросам методики формирования у старшеклассников обобщенных познавательных умений, развитию творческих способностей.

Учитывая изданную в последние годы методическую литературу, авторы пособия не все вопросы методики преподавания физики в VIII—X классах рассматривают одинаково подробно. Для углубленного изучения вопросов, подробно освещенных в других источниках, читатель отсылается к соответствующей литературе, список которой помещен после первого и второго разделов книги.

Стоящая в скобках цифра, например [2], означает ссылку на порядковый номер литературного источника, указанного в перечне для данного раздела книги, а обозначения вида [I, 15] или [II, 10] означают ссылку на номер литературного источника в другом (соответственно I или II) разделе пособия.

Обозначение вида (гл. 17, 2) означает ссылку на второй параграф 17-й главы данного пособия.

Пособие подготовлено коллективом методистов педагогических институтов. Главы и разделы написаны:

В о л о г о д с к о й З. А. и З а в ъ я л о в ы м В. В. — гл. 11;

И л ь д я е в ы м И. А. — гл. 12;

М а л а ф е е в ы м Р. И. — гл. 6;

М о щ а н с к и м В. Н. — гл. 3;

О р е х о в ы м В. П. — Предисловие (совместно с Усовой А. В.); гл. 5, 8, 9, 14 (§ 6), гл. 18 (§ 1, 2, 4—9), гл. 18 (§ 3 совместно с Усовой А. В.), гл. 19, 20, 23 (§ 7);

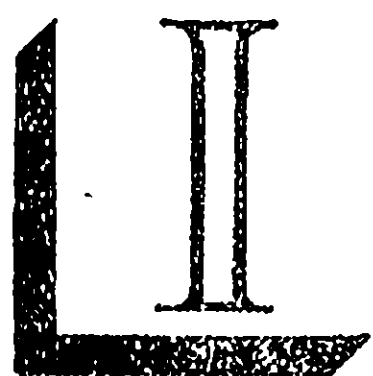
Т у р ы ш е в ы м И. К. и Л у к љ а н о в ы м Ю. И. — гл. 14 (§ 1—5), гл. 15, 16, 21, 22;

У с о в о й А. В. — гл. 1, 2, 10, 17 (§ 1, 3), гл. 23 (§ 4—6);

У с о в о й А. В. и З а в љ я л о в ы м В. В. — гл. 4, 7, 17 (§ 2), гл. 23 (§ 1—3);

У с о в о й А. В., О р е х о в ы м В. П., И л ь д я е в ы м И. А. — гл. 13.

Руководство авторским коллективом и общая редакция осуществлялись В. П. Ореховым и А. В. Усовой.



ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

ГЛАВА 1

ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСА ФИЗИКИ ВТОРОЙ СТУПЕНИ

1. Задачи курса физики второй ступени

В курсе физики первой ступени учащиеся получают первоначальные сведения из некоторых разделов элементарной физики.

Общеобразовательная задача курса физики второй ступени заключается в том, чтобы дать учащимся более глубокие и систематизированные знания по основным разделам физики (механике, теплоте, электродинамике, оптике, строению атома, физике элементарных частиц). В VIII—X классах продолжается развитие системы основополагающих физических понятий и идей, формируется общее понятие физической картины мира, являющейся составной частью естественнонаучной картины мира, формируется научное диалектико-материалистическое мировоззрение (см. гл. 4). Важная задача курса физики второй ступени — расширение знаний учащихся о роли физики в развитии техники и смежных наук, выработка у них умения применять знания для решения практических вопросов, ознакомление учащихся с научными принципами производства, что имеет важное значение для осуществления политехнического образования и профессиональной ориентации учащихся (см. гл. 6).

В задачу курса входит ознакомление учащихся с методами научного исследования, применяемыми в физике, и выработка у них умения пользоваться этими методами. К этим методам относятся прежде всего наблюдение, эксперимент, построение гипотез, мысленное моделирование, объяснение явлений и фактов на основе физических теорий. Первоначальное понятие о них учащиеся получили в курсе физики первой ступени, но их знания о методах научного исследования к началу изучения курса физики второй ступени оказываются ограниченными, особенно знания о построении гипотез и мысленном моделировании.

В процессе изучения курса в органической связи с изучением программного материала должна решаться задача коммунистического воспитания учащихся: формирование научного мировоззрения,

идейно-политическое, нравственное, трудовое и эстетическое воспитание.

Изучение курса физики должно способствовать развитию мышления учеников, формированию у них таких мыслительных операций, как анализ, синтез, абстрагирование; развитию умения применять индуктивные и дедуктивные методы умозаключения, устанавливать причинно-следственные связи между явлениями, выявлять существенное, главное. На решение этой задачи должны быть направлены все методы и приемы обучения (см. гл. 2).

Важной задачей курса физики второй ступени является систематизация и обобщение знаний, приобретаемых учащимися при изучении различных разделов, прежде всего знаний о свойствах вещества и поля, о физических формах движения материи, о работе, энергии, законах сохранения, о пространстве и времени. На решение этой задачи должны быть направлены обобщающие лекции и семинары (см. гл. 7), уроки обзорного повторения, факультативные занятия. Все это будет способствовать формированию понятия о физической картине мира. А если эта работа по обобщению знаний будет проводиться учителем на уровне межпредметных связей, совместно с учителями других естественнонаучных дисциплин и обществоведения, она будет вносить существенный вклад в формирование общей научной картины мира.

Наряду с указанными в курсе физики второй ступени должна решаться и задача профессиональной ориентации учащихся, подготовки их к сознательному, обоснованному выбору профессии, к труду в сфере материального производства. Эта задача вытекает из решений XXV съезда КПСС и постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательных школ и подготовки их к труду», принятого в декабре 1977 г.

2. Содержание современного курса физики второй ступени

В последние два десятилетия курс физики второй ступени претерпел существенные изменения: наряду с вопросами классической физики в него включены вопросы современной физики. И в настоящее время широким фронтом ведутся исследования, направленные на изучение возможностей включения в школьный курс новых физических идей, теорий, понятий. Обновление школьного образования, уменьшение разрыва между содержанием школьных учебных дисциплин и отражаемых ими разделов науки диктуется нарастанием темпов научно-технического прогресса, теми большими успехами, которые достигнуты в области развития науки и техники в последние четыре десятилетия. Это диктуется также уменьшением разрыва между научными открытиями и моментом их внедрения в практику.

Наука становится непосредственной производительной силой общества.

В связи с этим уменьшается разрыв между временем научных открытий и их изучением в средней школе, что обусловлено повышением требований к уровню общеобразовательной подготовки работников массовых профессий, тружеников промышленного и сельскохозяйственного производства, транспорта, связи, к уровню подготовки специалистов средней и высшей квалификации. Происшедшая в последние годы перестройка программы естественнонаучных школьных дисциплин характеризуется прежде всего повышением их научно-теоретического уровня. Это в полной мере относится и к курсу физики. В содержание школьного курса физики наряду с вопросами классической физики (механика, теплота и молекулярная физика, электродинамика, оптика) включены вопросы и разделы современной физики. Это прежде всего специальная теория относительности, физика полупроводников, явление сверхпроводимости, строение ядра, физика элементарных частиц, квантовые свойства света и т. д.

В значительной мере обновлено и содержание традиционных (классических) разделов физики. В разделе «Механика» введено понятие о векторных величинах (векторе перемещения, скорости, ускорения, силы); пересмотрена интерпретация понятий «сила» и «масса» в соответствии с их содержанием в современной физике; введено понятие материальной точки, понятие об инерциальных и неинерциальных системах отсчета; впервые рассматриваются типы взаимодействия (гравитационное и электромагнитное), к которым сводятся все взаимодействия в механике.

В разделе «Молекулярная физика» введено понятие «термодинамические параметры»; изучается первый закон термодинамики; пересмотрена интерпретация понятия «температура» в соответствии с содержанием этого понятия в современной физике.

В разделе «Электродинамика» усилено внимание к электронной теории, включено понятие о плазме, хотя и в осведомительном плане. В разделе «Колебания и волны» предусмотрено изучение ультразвука, его свойств и применения; включены понятия о радиолокации и ее применении для обнаружения целей в навигации и астрофизике и о радиосвязи через искусственные спутники Земли, о космической радиосвязи.

В разделе «Физика атома и атомного ядра» введено понятие энергии связи атомных ядер, изучаются устройство и принцип действия ядерного реактора, способы получения и использования радиоактивных изотопов.

Программой предусмотрено ознакомление учащихся с большим количеством фундаментальных классических опытов на основе показа фрагментов фильмов, кинокольцовок, моделей опытов (например, модели опыта Штерна по определению скорости движения молекул газа), а в некоторых случаях и воспроизведения опытов в лабораторных условиях (например, демонстрация эффекта Барк-

гаузена). О ряде опытов понятие дается лишь на основе схем (например, об опытах П. Н. Лебедева по обнаружению давления света).

Всего программой по курсу физики VIII—X классов рекомендована демонстрация 225 опытов и 26 учебных фильмов или фрагментов из них.

Одна из задач курса физики — формирование у учащихся измерительных умений и навыков, умения самостоятельно ставить опыты и обращаться с широко применяемыми в современной жизни приборами (источниками тока, трансформаторами, усилителями низкой частоты, электронными осциллографами, генераторами звуковой частоты и т. п.). Решение этой задачи достигается выполнением фронтальных лабораторных работ и работ физического практикума (см. гл. 8). Всего программой предусмотрено выполнение 23 фронтальных лабораторных работ и 46 одночасовых (или 23 двухчасовых) работ физического практикума.

В целях осуществления политехнического образования и связи обучения с жизнью программой предусмотрено в каждом классе проведение одной двухчасовой экскурсии. Ознакомление учащихся с применением физических явлений и законов на практике (в устройстве и работе машин и установок, для осуществления технологических процессов, для автоматического контроля и управления работой машин и установок и т. д.) достигается также демонстрацией фильмов с политехническим содержанием. Таковы, например, кинофильмы «Физические основы космических полетов», «Успехи СССР в освоении космоса», «Реактивные двигатели», «Реактивный самолет», «Получение и применение сжатого воздуха», «Электролиз и его применение в технике», «Полупроводники и их применение в технике», «Физические основы радиопередачи», «Радиолокация», «Фотоэлементы и их применение».

Обобщающие лекции «Физика и научно-техническая революция» и «Современная научная картина мира» дают возможность в сжатой форме обобщить и систематизировать знания, полученные в процессе изучения всего курса физики, раскрыть роль физики в научно-технической революции, ее связь с другими науками, познакомить с задачами, которые ставятся жизнью на современном этапе перед физической наукой, с проблемами, над решением которых работают советские и зарубежные ученые-физики.

3. Структура курса физики второй ступени

После того как определены задачи и содержание того или иного учебного предмета, перед методикой его преподавания как одной из педагогических наук встает проблема определения последовательности изучения отобранного материала, его структурирования. Эта задача решалась программной комиссией при разработке новой про-

граммы по физике. В результате продолжительных обсуждений, в которых принимали участие ученые-физики, методисты-физики, учителя школ, была определена следующая структура курса.

VIII класс

Механика (кинематика, динамика, статика; импульс тела, закон сохранения импульса; работа и энергия, закон сохранения энергии),

IX класс

Молекулярная физика (основы молекулярно-кинетической теории; тепловые явления; молекулярно-кинетическая теория идеального газа; первый закон термодинамики; взаимные превращения жидкостей и газов; свойства жидкостей и твердых тел).

Электродинамика (электрическое поле; постоянный электрический ток, магнитное поле тока; электромагнитная индукция, магнитные свойства вещества).

X класс

Колебания и волны (механические колебания; электромагнитные колебания, переменный ток; производство, передача и использование электрической энергии; механические волны, звук; электромагнитные волны).

Оптика (геометрическая оптика; световые волны; излучение и спектры; световые кванты; действия света; основы теории относительности).

Физика ядра и атомного ядра (физика атома; атомное ядро; ядерная энергия, ее получение и использование; элементарные частицы).

В основу такого построения положен принцип перехода от изучения простейших форм движения материи к изучению более сложных форм. Вначале изучается механическое движение, затем тепловое, электрическое, полевые формы движения и, наконец, взаимопревращаемость элементарных частиц и превращаемость частиц вещества в поле и обратные превращения.

Опыт работы по новой программе показал, что такое построение курса обеспечивает преемственность в формировании основополагающих физических понятий, их непрерывное развитие. К таким понятиям относятся вещество, поле, взаимодействие тел (частиц), сила как мера взаимодействия, работа, энергия и т. д.

Принятая структура обеспечивает последовательное изучение тепловых, электрических, магнитных и оптических свойств вещества, объяснение их на основе молекулярно-кинетической и электронной теории строения вещества и теории строения атома. Она обеспечивает также раскрытие взаимосвязи, взаимообусловленности явлений различной природы.

Впервые в программе объединены в один раздел все виды колебаний и волн. Это позволяет показать, что, несмотря на различную природу механических и электромагнитных колебаний, они описываются уравнениями, имеющими общий вид, и характеризуются одинаковыми величинами (частота, период колебаний, фаза, амплитуда).

МЕТОДЫ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ В СТАРШИХ КЛАССАХ

Понятие «метод обучения» является одним из основных в дидактике. Слово «метод» происходит от греческого «методос», что означает «способ» (способ деятельности). Содержание этого понятия, как и других научных понятий, по мере развития науки изменяется. Изменяется и его определение. На современном этапе развития дидактики *методы обучения определяют как упорядоченные способы деятельности учителя и учащихся, направленные на решение учебно-воспитательных задач.*

Каждый метод имеет сложную структуру и обусловлен целями, содержанием образования и воспитания и органически связан с формами организации учебных занятий.

Все разнообразие задач, которые призвана решать современная школа, может быть успешно решено на основе разнообразия методов обучения. Поэтому на XXV съезде КПСС была поставлена как одна из важнейших задач в области народного образования задача совершенствования методов и форм обучения.

Методы обучения в советской школе имеют целью вооружить учащихся основательными, осознанными знаниями, умениями самостоятельно приобретать знания и применять их на практике, содействовать всестороннему развитию личности учащихся, выработке у них коммунистического мировоззрения.

В методах обучения находят отражение общенаучные методы и методы тех наук, основы которых изучаются в школе. Так, в преподавании естественнонаучных дисциплин находят отражение методы, применяемые в научных исследованиях естественных наук: построение гипотез, наблюдения, эксперимент и т. д. Общенаучные методы познания находят отражение в выдвижении проблем, построении гипотез, теоретическом анализе фактов и т. д.

1. Методы обучения и методические приемы

С методами обучения тесно связаны методические приемы. «Прием — это отдельное обучающее действие, с определенным характером познавательной деятельности, усиливающее учебно-воспитательное воздействие метода»¹.

Граница между методами и приемами обучения условна. При определенных условиях метод может переходить в прием, а прием — в метод. Так, на уроке, посвященном изучению нового ма-

¹ Бруновт Е. П. Методы и приемы обучения биологии. Теоретические проблемы методов обучения. Материалы конференции НИИ СиМО АПН РСФСР. М., 1974, с. 8.

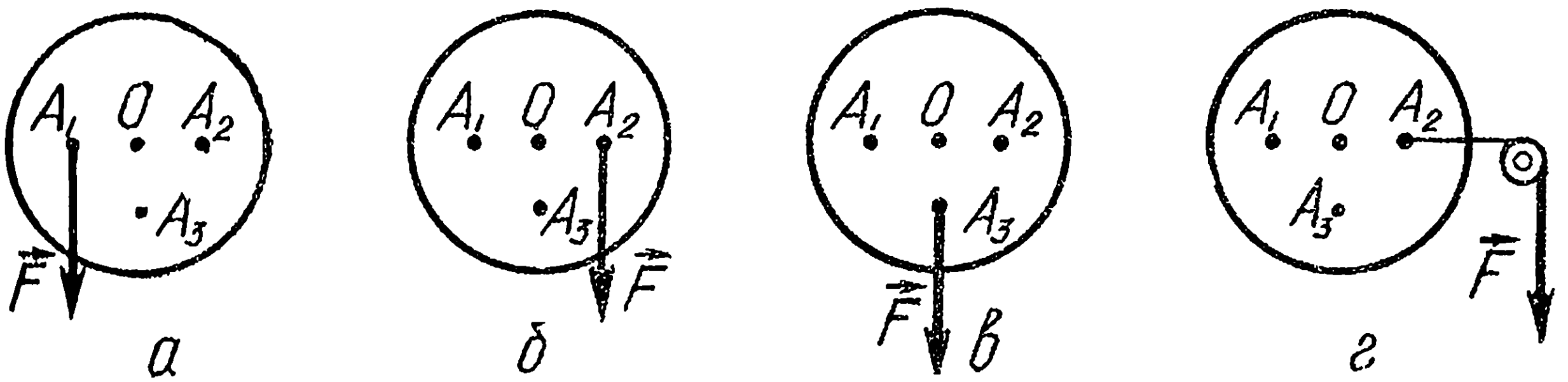


Рис. 2.1

гершла, объяснение учителя, сопровождаемое демонстрацией опытов, выступает как метод обучения, а фронтальная организация кратковременных наблюдений или опытов учащихся — как прием, усиливающий учебно-воспитательное воздействие метода.

Примером методического приема является использование учителем цветных мелков при вычерчивании на доске схем и графиков. Этот прием способствует актуализации внимания учащихся на главном, существенном.

Успех применения тех или иных методов обучения определяется правильным выбором их для решения конкретных учебно-воспитательных задач и составом используемых при этом методических приемов. Один и тот же метод в работе различных учителей дает различные результаты в зависимости от состава используемых при этом методических приемов.

Особое значение имеют приемы, обеспечивающие эмоциональность изложения материала; приемы, повышающие внимание и интерес учащихся к объяснению учителя, к решению проблем, выдвигаемых перед ними.

Это и создание проблемной ситуации, и включение в изложение вопросов истории науки, и показ логики движения мысли и знания, человеческого искания. Так, например, при изучении условия равновесия тел, имеющих ось вращения, учитель демонстрирует учащимся диск, имеющий ось вращения O (рис. 2.1). На диске имеются три гвоздика в точках A_1 , A_2 и A_3 , расположенных на одинаковом расстоянии от оси вращения.

Учитель подвешивает к гвоздику A_1 грузик массой 100 г. Диск при этом поворачивается против часовой стрелки. Затем этот грузик перевешивают на гвоздик, прибитый в точке A_2 , и обращают внимание на то, что теперь диск поворачивается в направлении по часовой стрелке. Затем груз подвешивают в точке A_3 . Учащиеся видят, что положение диска при этом не изменяется. Учитель обращает внимание учащихся на то, что, перемещая груз из точки A_1 в точки A_2 и A_3 , мы изменяем лишь положение точки приложения силы. Значение и направление силы остаются прежними, а результат действия силы оказывается различным.

Возникает вопрос: от чего же зависит действие силы на тело, имеющее ось вращения? Ведь в случае действия одинаковых по значению и направлению сил на тело, не имеющее оси вращения, оно, в соответствии со вторым законом Ньютона, движется поступательно,

с одинаковым ускорением, в направлении действия силы. А в опыте с диском все происходит иначе.

Чтобы помочь учащимся прийти к правильному ответу, учитель предлагает еще вопрос: «Почему в случаях, изображенных на рисунке 2.1, а, б, диск под действием приложенных сил поворачивается, а в случае, изображенном на рисунке 2, в, остается в покое?»

Далее демонстрируют опыт, показывающий, что две силы, действующие на диск в различных направлениях, могут оказывать один и тот же эффект (см. рис. 2.1, в, г). Внимание учащихся обращают на то, что в этом опыте направление действия силы проходит через ось вращения, а в предыдущем опыте (см. рис. 2, 1, а, б) направление действия силы не проходило через ось вращения. Так учащиеся постепенно приходят к выводу, что при действии на тело одинаковых по модулю и направлению сил результат действия зависит от расстояния между осью вращения и линией, вдоль которой действует сила. На этой основе учитель дает понятие о плече силы, а затем подводит учащихся к выводу, что эффект действия силы на тело, вращающееся вокруг оси, зависит от величины, определяемой произведением модуля силы \vec{F} на плечо d . Сообщает, что эта величина получила название момента силы M : $M = |\vec{F}| d$.

Построенное таким образом изложение материала делает учащихся соучастниками «открытия», повышает их внимание к объяснению учителя и интерес к изучаемому вопросу.

2. Выбор методов обучения

В преподавании физики, как и в преподавании других учебных предметов, должны применяться разнообразные методы обучения: словесные, наглядные, практические — с выдвижением проблем и привлечением учащихся к самостоятельным поискам способов решения этих проблем. При этом степень участия школьников в решении выдвинутых проблем зависит от сложности этих проблем и уровня подготовки учащихся. В одних случаях учитель выдвигает проблему лишь для того, чтобы повысить внимание учащихся к рассматриваемым вопросам, а проблему решает сам или рассказывает учащимся, как в истории науки была решена эта проблема; в других случаях учащиеся решают проблему коллективно под руководством учителя, в третьих учитель побуждает учащихся самостоятельно искать пути решения проблемы.

В современных условиях на содержание методов обучения большое влияние оказывают технические средства обучения (кино, телевидение, звукозапись и ее воспроизведение, различного вида статическая проекция и т. д.). Они ускоряют процесс подачи и переработки информации, повышают качество ее усвоения.

В преподавании физики в старших классах по сравнению с VI—VII классами должен возрасти «удельный вес» метода объяснения

с теоретическим анализом фактов, выводами следствий из теорий, с доказательствами, а также лекционного метода изложения материала в сочетании с широким использованием демонстрационного эксперимента, показом фрагментов фильмов, кодоскопической проекции, вычерчиванием на доске схем, рисунков.

Здесь должно быть усилено внимание к различным видам самостоятельных работ учащихся: работе с учебной и дополнительной литературой, выполнению наблюдений и опытов (см. гл. 7), решению физических задач (см. гл. 9) и т. д. Особое внимание должно быть уделено формированию у учащихся *обобщенных познавательных и практических умений* (см. § 3 этой главы).

При выборе тех или иных методов обучения следует учитывать прежде всего характер решаемых на уроке учебных задач, возрастные особенности учащихся старших классов, их стремление к самостоятельным суждениям, уровень имеющихся у них познавательных умений. Бесспорно также то, что в выборе методов и методических приемов для каждого конкретного урока важную роль играет педагогическое мастерство учителя, его индивидуальные качества.

При выборе методов обучения в старших классах необходимо учитывать данные психологии о возрастных особенностях усвоения учащимися знаний, о месте в учебном процессе проблемного обучения и исследовательского метода. Проблемное обучение играет основную роль в средних классах, когда школьникам особенно важно овладеть логической формой изложения своих мыслей. Для старших школьников ведущее значение приобретают развернутые обсуждения всех возможных вариантов решения учебных задач.

Очень важным является вопрос о соотношении различных методов обучения. Здесь надо иметь в виду, что чрезмерное увлечение каким-либо одним методом неизбежно приводит к снижению эффективности обучения. Так, чрезмерное увлечение, например, программированным обучением приводит к снижению уровня теоретического мышления школьников, затормаживает развитие их логического мышления, выработку умения своими словами давать логически последовательные объяснения, обосновывать свои суждения.

Мастерство учителя заключается в умении обеспечивать наиболее рациональное (оптимальное) сочетание методов на различных этапах обучения в зависимости от содержания учебного материала и решаемых на его основе учебно-воспитательных задач, от возрастных особенностей учащихся, уровня развития их мышления, познавательных способностей, имеющегося у них запаса знаний, умений и навыков.

3. Формирование у учащихся обобщенных познавательных умений и общих способов решения практических задач

В условиях научно-технической революции возрос объем научной информации, которая должна быть переработана и усвоена учащимися в период обучения в школе. Возросли требования так-

же к составу умений и навыков, которыми должны владеть оканчивающие общеобразовательную среднюю школу.

Объем знаний, подлежащих усвоению, резко возрастает с переходом учащихся в старшие классы. При этом познавательные способности учащихся, как показали проведенные исследования [9], не претерпевают сколько-нибудь заметных изменений. Это приводит к тому, что многие учащиеся старших классов в предоставленное учебное время оказываются не в состоянии усвоить объем знаний, определяемых учебными программами. В результате этого в старших классах резко снижается успеваемость, у многих учеников возникает неудовлетворение результатами своей учебной деятельности и снижается интерес к учению [9].

В связи с этим возникает необходимость в разработке и применении таких методов обучения, которые способствовали бы более быстрому и сознательному усвоению учащимися научных знаний. В решении этой задачи первостепенное значение приобретает формирование у учеников *о б о б щ е н н ы х п о з н а в а т е л ь н ы х у м е н и й — умений, основанных на понимании научных основ и структуры деятельности, самостоятельном определении рациональной последовательности выполнения операций, из которых она складывается.* Такие умения обладают свойством широкого переноса. Будучи сформированными на уроках по какому-либо предмету, при изучении какого-либо материала, они успешно могут применяться при изучении других предметов, в работе по самообразованию и в практической деятельности.

К таким умениям относятся прежде всего умение работать с литературой (учебной и дополнительной); умение самостоятельно вести наблюдения, ставить опыты; вычислительные, графические и измерительные умения.

Выявление научных принципов и структуры основных видов познавательной деятельности при активном участии в этом самих учащихся и последующее использование ими *о б о б щ е н н ы х п л а н о в* познавательной деятельности намного ускоряет процесс обучения и способствует повышению качества знаний [22].

Обобщенные планы выполняют своего рода роль предписаний алгоритмического типа. Примерами таких планов являются следующие:

1. П л а н и з у ч е н и я я в л е н и й

1. Выяснить внешние признаки явления (признаки, по которым обнаруживается явление).

2. Выяснить, при каких условиях протекает явление.

3. Изучить сущность явления, механизм протекания его (на основе опытов или на основе работы с учебником); объяснить явление на основе известных научных теорий.

4. Установить связь данного явления с другими явлениями.

5. Выяснить, с помощью каких величин можно дать количественную характеристику явления и выразить его связь с другими явлениями.

6. Записать формулу, выражающую связь между этими величинами.

7. Познакомиться (по учебнику и дополнительной литературе) с наиболее важными применениями явления на практике.

8. Привести примеры вредного действия явления, познакомиться со способами предупреждения его.

II. План деятельности при изучении законов

1. Уяснить, связь между какими величинами или явлениями выражает закон.

2. Прочитать и осмыслить формулировку закона.

3. Записать математическое выражение закона.

4. Указать, на основе каких опытов был впервые открыт и сформулирован закон, когда, кем.

5. Какие опыты, подтверждающие справедливость закона, могут быть поставлены в условиях учебного кабинета?

6. На основе какой теории был (или мог быть) предсказан закон как ее следствие (на основе умозаключений дедуктивного характера)?

7. Привести примеры использования данного закона в научных исследованиях и в практической деятельности.

III. План изучения теории

1. Выяснить, какие опытные факты послужили основанием для разработки теории.

2. Основные понятия данной теории.

3. Основные положения (ядро) теории.

4. Выяснить, каков математический аппарат данной теории, записать ее основные уравнения.

5. Указать опыты, подтверждающие основные положения данной теории.

6. Выяснить, какой круг явлений (или свойств тел) объясняется данной теорией.

7. Назвать основные следствия из теории: какие явления или свойства тел предсказаны на основе данной теории? Какие законы вытекают из нее, могут быть сформулированы на основе дедукции?

Приведенные планы деятельности называются *обобщенными* потому, что они пригодны для изучения любых явлений, законов и теорий. Они могут быть использованы на уроках физики, химии и биологии, а при некоторых изменениях и при изучении общественных дисциплин.

Пункты планов расположены в последовательности, отражающей логику научного и учебного познания. При изучении указанных вопросов по учебной литературе обобщенные планы помогают учащимся выделить в тексте главные мысли, способствуют тому, что работа с книгой приобретает более целенаправленный, осознанный характер.

Вместе с тем обобщенные планы выражают требования к знаниям о явлениях, законах, теориях, раскрывают структуру этих знаний и рациональную последовательность выполнения отдельных операций (действий) в деятельности по их изучению. Пункты планов служат своего рода опорными пунктами, точками в выполнении указанных видов деятельности.

Обобщенные планы при изучении явлений, физических величин, законов и теорий выполняют еще и другие функции: а) помогают учащимся проверить свои знания (функция самоконтроля); б) помогают им при подготовке к ответам, побуждают трансформировать, преобразовать текст в соответствии с логикой познания.

Использование в учебном процессе планов обобщенного характера способствует также самоконтролю учителя, нацеливает его при изложении нового материала на раскрытие всех вопросов, отраженных в плане. Однако последовательность раскрытия вопросов, входящих в план, может быть иной. Так, например, изучение явления или закона может быть начато с создания проблемной ситуации, с описания исторических опытов или с примеров из окружающей жизни, техники. Затем рассматривают внешние признаки явления (на основе его демонстрации) и выясняют условия его протекания, изучают его сущность. При изучении закона после формулировки проблемы учитель может предложить учащимся самим разработать варианты опытов, которые могли бы дать ответ на поставленный вопрос.

Для развития познавательных способностей учащихся важное значение имеет ознакомление их с методами научного познания, являющимися общими для многих наук. Для естественных наук такими методами являются наблюдение и эксперимент.

Формирование у школьников умения самостоятельно вести наблюдения и ставить опыты проходит более успешно, если учитель, опираясь на анализ классических экспериментов и имеющийся у учеников опыт выполнения учебного эксперимента, раскрывает основные операции, из которых складываются научное наблюдение и научный эксперимент.

Подготовительная работа к формированию обобщенных умений должна начинаться еще в курсе природоведения IV класса и затем продолжаться в курсах физики, биологии и химии VI—VII классов. А в VIII классе нужно знакомить учащихся со структурой этих сложных умений и начинать формировать *обобщенные умения*.

Ниже приводятся планы деятельности при наблюдениях и экспериментах.

П л а н д е я т е л ь н о с т и п р и н а б л ю д е н и я х

1. Определить объект наблюдения.
2. Уяснить цель наблюдения.
3. Создать условия, необходимые для наблюдения.
4. Определить пригодные для данного случая способы кодирования (фиксирования) информации, получаемой в процессе наблюдения.
5. Провести наблюдение, сопровождая его выполнением избранных способов кодирования получаемой при этом информации.
6. Провести анализ данных наблюдения.
7. Сформулировать выводы.

П л а н д е я т е л ь н о с т и п о в ы п о л н е н и ю о п ы т о в

1. Уяснить (или сформулировать) цель опыта.
2. Сформулировать гипотезу, положенную в основу опыта.
3. Определить условия, необходимые для проведения опыта.
4. Разработать принципиальную схему опыта.
5. Разработать план проведения эксперимента.
6. Определить необходимые для проведения эксперимента приборы и материалы, проверить их наличие на рабочем столе.
7. Собрать установку для проведения опыта.
8. Продумать способ записи результатов измерений.

9. Провести эксперимент, при этом записать результаты измерений.
10. Произвести необходимые расчеты.
11. Выполнить анализ полученных данных, сформулировать выводы.

Формирование указанных умений у учащихся VIII—X классов происходит более успешно при условии, когда в VI—VII классах вводится целенаправленная работа по выработке у учеников умения выполнять отдельные операции (измерения, запись результатов измерений различными способами, проектирование эксперимента и т. д.).

Очень важно добиться в школе осуществления единого (общего) подхода к формированию рассматриваемых умений на уроках физики, химии и биологии. Инициаторами в решении этого вопроса, как правило, выступают учителя физики.

4. Особенности методики формирования понятий у учащихся VIII—X классов

Психолого-дидактические основы формирования у учащихся научных понятий были рассмотрены в «Методике преподавания физики в 6—7 классах средней школы» [22]. Там были рассмотрены и некоторые условия, способствующие усвоению понятий учащимися, а также критерии усвоения понятий.

Формирование физических понятий у учащихся старших классов имеет свои особенности, которые необходимо учитывать учителя. Главная особенность заключается в том, что учащиеся VIII—X классов уже имеют солидную понятийную базу, полученную в процессе изучения физики и других естественнонаучных дисциплин в VI—VII классах (биология, химия, математика), которую необходимо учитывать при формировании новых физических понятий.

Вторая особенность формирования физических понятий в старших классах заключается в том, что многие из понятий уже знакомы учащимся из курса физики VI—VII классов, а в курсе физики второй ступени происходит их развитие: полнее раскрываются содержание понятий, их объем, связь и отношения с другими понятиями. К таким понятиям относятся масса, сила, работа, энергия, вещество, поле; развитие этих понятий происходит на протяжении всего курса физики средней школы.

Чтобы процесс формирования понятий проходил успешно, учителю необходимо ясно представлять основные этапы развития понятий, узловые точки, в которых происходит обогащение их содержания.

Третья особенность формирования физических понятий в старших классах заключается в том, что многие из формируемых здесь понятий являются понятиями высокой степени абстрактности. В курсе физики VIII класса такими понятиями являются, например, понятия «материальная точка», «состояние системы», в курсе физики IX класса — понятие «идеальный газ», в курсе физики X клас-

са — «электронное облако». Все это примеры идеальных моделей. Усвоение этих понятий требует высокого уровня развития абстрактного мышления учащихся и тщательно продуманного обоснования необходимости введения их в науку; убеждения учащихся в том, что с помощью таких понятий облегчается изучение, объяснение механизма явлений, процессов, что эти понятия отражают определенные свойства материальных объектов и помогают глубже их познать.

При формировании понятий высокой степени абстрактности возникает необходимость в использовании мультипликационных фильмов, имитирующих механизм сложных явлений и процессов, скрытых от глаз человека; схем-моделей (строения атома, электронного облака) и т. п. По мере перехода в старшие классы все большее значение в раскрытии содержания физических понятий приобретает анализ формул, выражающих связи между физическими величинами, характеризующими свойства тел и явления. Анализ формул все чаще и чаще используется для обоснования введения новых понятий. Так, на основе анализа равенства $|\vec{F}_1| \cdot |\vec{s}_1| = |\vec{F}_2| \cdot |\vec{s}_2|$, устанавливаемого в результате опытов, обосновывается необходимость введения понятия «работа». На основе анализа равенства $m_1|\vec{a}_1| = m_2|\vec{a}_2|$ вводится понятие о том, что произведение массы тела на ускорение является мерой взаимодействия тел, получившей название «сила».

В формировании понятий в старших классах все большее значение приобретают словесно-логический компонент мышления, теоретические обоснования. Но это ни в коей мере не означает снижения роли в этом процессе наглядно-образного и практически-действенного компонентов. Во всех случаях, когда при формировании понятий представляется возможным опираться на наглядные образы (демонстрационный эксперимент учителя, фронтальные наблюдения учащихся за явлениями или свойствами тел, просмотр фильмов при изучении явлений, структуры и свойств вещества и т. д.) и практические действия учащихся, сопровождающиеся их активной мыслительной деятельностью (например, практическое изучение устройства и действия приборов, экспериментальная проверка справедливости законов, экспериментальное определение физических постоянных), необходимо эту возможность учителю использовать.

Для формирования диалектического мышления большое значение имеют ознакомление учащихся с историей введения понятий в науку, раскрытие логики научного познания.

Важно также раскрывать перед учащимися, как вновь введенное понятие становится затем средством (орудием) познания нового, как возникновение некоторых понятий приводит к разработке новых научных теорий. Это можно показать на примере понятий «атом», «ядро атома», «электрон», «элементарная частица», «квант» и т. д. Введение понятия «атом» привело к созданию теории строения атома, введение понятия «электрон» — к разработке электронной

теории строения вещества, введение понятия «ядро атома» — к созданию теории ядра.

Введение некоторых понятий приводит к возникновению в науке самостоятельных разделов. Так, например, введение понятия «квант» привело к созданию раздела «Квантовая механика», введение понятия «элементарная частица» — к возникновению раздела «Физика элементарных частиц».

В старших классах оказывается возможным показать учащимся, что введение в науку каждого нового понятия является результатом более глубокого познания свойств материи и форм ее движения, более глубокого проникновения в сущность вещей (переход от относительной истины первого порядка к относительной истине второго порядка) и т. д. Большие возможности для раскрытия этого положения предоставляют обобщающие лекции и семинары в X классе.

В формировании понятий в курсе физики VIII—X классов значительную роль приобретают модели, в частности мысленные модели, например: модель строения ядра атома, модель электронного облака. Учителю необходимо добиваться правильного понимания учащимися значения мысленного моделирования как одного из современных методов научного познания; понимания того, что основанием для построения таких моделей служат опытные данные. Так, открытие α -, β - и γ -излучений привело к созданию модели строения атома Томсона. Опыты Э. Резерфорда по бомбардировке фольги α -частицами привели к построению новой модели строения атома, согласно которой атом состоит из положительно заряженного ядра и отрицательно заряженной электронной оболочки, — модели, более верно отражающей строение атома. Дальнейшие исследования привели к созданию модели строения ядра атома, предложенной советским физиком И. Иваненко. По мере получения новых экспериментальных данных модельные представления пересматриваются, в них вносятся коррективы. Если старые модели приходят в противоречие с новыми экспериментальными данными, они отбрасываются, вместо них разрабатываются принципиально новые модели, согласующиеся со всеми имеющимися опытными данными. Модель, подтверждающаяся экспериментальными данными, находящаяся с ними в согласии, становится средством (орудием) познания нового, используется для объяснения известных явлений и процессов, свойств вещества и поля. Модели позволяют предсказать некоторые явления и свойства материальных объектов.

В старших классах в формировании понятий, изучении законов и теорий резко возрастает роль решения задач (см. гл. 9). В процессе решения задач достигается уточнение содержания понятий, более глубокое осмысление связей и отношений между ними, выработка умения правильно оперировать понятиями в решении задач практического и творческого характера. Не следует забывать и о значении специальных упражнений по уточнению существенных признаков понятия, отделению их от несущественных, по отграничению сходных по каким-либо признакам понятий, по установле-

нию связей и отношений формируемого понятия с ранее усвоенными (см. примеры таких упражнений в гл. 17 и 23).

Важным видом работы учащихся по усвоению понятий является выполнение заданий по классификации понятий. Пока заданиям такого вида не уделяется должного внимания в обучении физике. Задания по классификации отсутствуют в учебниках, их нет в сборниках задач. Между тем выполнение таких заданий способствует систематизации и обобщению знаний учащихся. Производя классификацию понятий (явлений, свойств тел, структурных форм вещества, видов движения, физических величин и т. д.), учащиеся решают целый ряд познавательных, логических задач: а) находят общий, существенный признак класса объектов, подлежащих классификации, который мог бы служить основанием классификации; б) выявляют видовые отличия объектов; в) производят операцию деления объема понятия; г) выявляют отношения подчинения и соподчинения.

Примерами таких заданий могут служить задания по классификации видов механического движения (VIII класс), агрегатных состояний вещества (IX класс), видов энергии (X класс), электроизмерительных приборов (IX—X классы), способов получения электрической энергии и способов ее использования в народном хозяйстве (IX класс).

Важную дидактическую задачу представляет *определение понятий*, выработка у учеников умения давать правильные определения усваиваемых понятий. Успешному решению этой задачи способствует ознакомление старшеклассников с правилами и структурой определения понятий.

В логике известно несколько способов определения понятий. Наиболее распространенным из них является *определение через ближайший род и видовое отличие*. Именно такими определениями пользовались в своих работах К. Маркс и В. И. Ленин. Этот способ чаще всего используется для определения физических и других естественнонаучных понятий.

В определениях через ближайший род и видовое отличие различают две части: определяемое понятие (*definiendum*) и определяющее понятие (*definiens*). «Определяемое понятие — это понятие, существенные признаки которого отыскиваются, а определяющее понятие — это понятие, отображающее родовой и видовой признаки»¹.

Правила определения требуют, чтобы ближайший род (ближайшее более общее понятие по отношению к определяемому) был действительно ближайшим родом, а в качестве видового отличия были избраны наиболее существенные признаки класса объектов, отражаемых в сознании с помощью данного (определяемого) понятия, — признаки, по которым данный класс объектов отличается от всех остальных видов, входящих в указанный род.

¹ К о п д а к о в Н. И. Логический словарь-справочник. М., 1975, с. 411.

Структура определения. На первом месте располагается определяемое понятие, на втором — указание ближайшего рода, на третьем — видовое отличие. Усвоению правил и структуры определения помогает использование таблицы с примерами определений (см., например, табл. 2.1).

Учителю нужно знать, что не все понятия можно определить. Нельзя дать определение понятиям, существенные признаки которых в науке еще не установлены. В процессе обучения, особенно на начальном этапе формирования понятий, часто оказывается невозможным дать определение понятия по той причине, что учащимся еще неизвестны признаки, через которые данное понятие должно определяться, — родовой признак и видовые отличия. В таких случаях прибегают к особым приемам, дополняющим определение или помогающим раскрыть содержание понятий. В логике известно шесть таких приемов: *указание, описание, объяснение, характеристика, сравнение и различие*.

Примером указания, используемого в школьном курсе физики, является указание об энергии: «О телах, способных совершать работу, говорят, что они обладают энергией».

Примером объяснения может служить объяснение происхождения слова «физика»: «Физика происходит от греческого слова «фюзик», что означает «природа». Физика — одна из наук о природе». Иногда ошибочно это разъяснение принимают за определение.

Примером раскрытия содержания понятия путем характеристики класса объектов, отражаемых с помощью данного понятия в созна-

Т а б л и ц а 2.1

Определяемое понятие	Определяющее понятие	
	Родовой признак	Видовое отличие
Двигатель	машина	преобразующая какой-либо вид энергии в механическую энергию
Электродвигатель	двигатель	преобразующий электрическую энергию в механическую
Сила тока	физическая величина	определяемая количеством электричества, проходящего через поперечное сечение проводника в единицу времени
Внешний фотоэффект	явление	вырывания электронов из вещества под действием света
Динамика	часть механики	в которой изучаются причины появления ускорения и рассматриваются способы его вычисления

нии, является характеристика металлов (имеют характерный металлический блеск, ковки, теплопроводны).

Через сравнение дается понятие о полупроводниках (сравнивая электрические свойства металлов, полупроводников и диэлектриков, показывают, что полупроводники по своим электрическим свойствам занимают промежуточное положение между проводниками и диэлектриками).

Нередко учителя считают определением указание или объяснение, что неверно. Чем сложнее понятие, тем труднее его определить. В таких случаях дают несколько определений, дополняющих друг друга. Например, энергию определяют и как способность тел совершать работу (что справедливо только для механической энергии), и как общую меру движения материи при всех его превращениях из одного вида в другой, и как функцию состояния тела или системы тел (см. гл. 23).

Определение понятий не остается чем-то раз навсегда данным, неизменным. По мере развития понятий в науке (что отражает более глубокое познание материальной действительности) пересматривается содержание определений в направлении более точного, полного отражения существенных свойств (сторон) предметов, охватываемых данным понятием. Изменение определений в науке находит отражение и в учебной литературе.

Учитель должен иметь в виду, что через ближайший род и видовое отличие нельзя определить предельно широкие понятия, такие, как форма, содержание, время, пространство, движение, материя и др.

Очень сложным является вопрос об определении физических величин.

Определить физическую величину — значит указать:

а) какое реальное свойство материального объекта или явление характеризует она;

б) с какими ранее введенными величинами она связана и какая формула выражает эту связь;

в) как измерить величину, т. е. каков способ ее измерения, на чем он основан.

Скалярная это величина или векторная, основная или производная, указывают дополнительно.

Определяя физическую величину, нужно следить за тем, чтобы в определении находила отражение не только количественная сторона (указание способа ее измерения), но и качественная (указание того, *что* эта величина характеризует: какое свойство, качество материальных объектов или явление).

В этом случае формирование понятий о физических величинах будет способствовать формированию у учеников важной мировоззренческой мысли о том, что в окружающем нас мире независимо от нашего сознания существуют физические объекты, с которыми могут происходить какие-то изменения (явления, процессы), а физические величины служат способом описания действительности, отра-

жают определенные свойства материальных объектов или определенные физические явления.

Формированию понятий о физических величинах может помочь применение следующего *обобщенного плана изучения величин*.

1. Уяснить, что характеризует данная величина (какое свойство тел или явление).
2. Прочитать, осмыслить определение величины.
3. Уяснить, какая это величина: основная или производная.
4. Если величина производная, записать определительную формулу.
5. Раскрыть физический смысл величин, входящих в определительную формулу.
6. Определить, скалярная это величина или векторная.
7. Установить единицу измерения данной физической величины в СИ.
8. Указать основные способы измерения величины.

Г Л А В А 3

ФОРМИРОВАНИЕ НАУЧНОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ УЧАЩИХСЯ

Одна из самых важных задач обучения физике в школе — формирование у школьников диалектико-материалистического мировоззрения, необходимость которого вытекает из общих задач коммунистического воспитания.

Школьный курс физики располагает большими возможностями для формирования у учащихся диалектико-материалистических взглядов на мир и его познание, для развития их диалектического мышления.

Процесс формирования мировоззрения на основе обучения физике содержит в себе несколько составных частей, которые можно определить, учитывая, с одной стороны, особенности физической науки, а с другой — психолого-педагогические особенности процесса обучения и воспитания.

1. Формирование знаний о физической картине мира

Важнейшей особенностью физической науки, определяющей ее огромное мировоззренческое значение, является то, что она позволяет создавать обобщенный образ, модель природы, т. е. физическую картину мира (ФКМ). ФКМ — это наиболее общая форма отражения природы физической наукой, включающая в себя представления физики о материи, движении, взаимодействии, пространстве и времени, причинности и закономерности. В ФКМ входят, следовательно, самые общие и фундаментальные физические понятия, законы и теории. Их осмысленное усвоение школьниками, в результате которого у них формируется в конце концов общее

представление о ФКМ, и составляет первую сторону процесса формирования научного мировоззрения на уроках физики. Научное мировоззрение, как указывал Ф. Энгельс, это «понимание природы такой, какова она есть, без всяких посторонних прибавлений»¹.

К числу основных элементов ФКМ, которые должны быть сформированы в сознании учащихся, относятся представления о видах материи, ее физическом строении и ее структурных элементах, видах взаимодействий, корпускулярно-волновом дуализме материи, формах движения материи, их специфике и взаимопревращении, неуничтожимости и несотворимости материи и движения, выражаемых физическими законами сохранения, физических свойствах пространства и времени, существовании динамических и статистических закономерностей и др.

Естественно, что такое сложное понятие, как ФКМ, может быть сформировано только постепенно, на протяжении всего изучения курса физики. На протяжении всего курса следует показывать, к каким общим представлениям о материи и ее движении пришла физика в результате изучения различных явлений. Кроме этого, нужны также соответствующие обобщения в конце каждого раздела курса, с тем чтобы по созданным таким образом отдельным «этюдам» в заключение были бы раскрыты основные черты современных представлений о ФКМ.

Однако изучение понятий и идей, образующих ФКМ, будет содействовать формированию научного мировоззрения лишь в том случае, если при их раскрытии учитель будет выделять ту сторону, которая наиболее важна в мировоззренческом отношении. Помимо этого, очень важно, чтобы при изложении основных вопросов курса предотвращалась возможность возникновения у учащихся ошибочных представлений (например, таких, как представление о силе, заряде или количестве теплоты как о самостоятельно существующих субстанциях).

Излагая, например, вопрос о природе света, следует подчеркнуть, что свет — качественно отличный вид материи в сравнении с вещественными объектами. Он отличается тем, что масса покоя фотона равна нулю (в то время как для вещественных объектов она отлична от нуля), а также тем, что если вещественные объекты могут двигаться с любыми скоростями, меньшими скорости света, то свет распространяется в вакууме со скоростью $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Кроме того, надо убедительно раскрыть полевою электромагнитную природу света, поскольку далеко не всегда ученики понимают свет как полевой объект, считая его чем-то «третьим», помимо вещества и поля.

В то же время и вещественные, и полевые объекты (и в том числе свет как полевая форма материи) имеют и общность: как те, так и другие обладают массой, энергией, импульсом. Вещественные и полевые объекты взаимопревращаемы, о чем свидетельствуют

¹ Энгельс Ф. Диалектика природы.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 513.

превращение электронно-позитронной пары в γ -фотон и обратное взаимопревращение. Излагая этот материал, учитель тем самым формирует в сознании учащихся важную мировоззренческую мысль о многообразии свойств материи и вместе с тем об общности и о взаимосвязи различных объектов и явлений материального мира.

2. Ознакомление учащихся с процессом научного познания и методами исследования

Мировоззрение — это не только научное понимание природы, но и понимание процесса познания человеком мира. Физика включает в себя не только содержательную сторону (систему знаний об объективной реальности), но и гносеологическую (систему принципов и методов познания). В связи с этим ученики должны понимать не только то, как устроен мир, но и то, как добываются знания о нем, каковы методы физики. В самом общем виде схема физического познания, с которой постепенно должны знакомиться учащиеся, сводится к следующему:

1. Установление научных фактов как обязательный исходный шаг научного познания. Наблюдения и эксперимент.

2. Упрощение (идеализация) объекта исследования, создание моделей объектов и явлений и их описание на языке физических величин, которые являются характеристиками свойств объектов или сторон явлений, имеющими числовое выражение, которое получается на основе измерений.

3. Обобщение фактов и установление связей между свойствами или явлениями, установление физических законов, выражающих общие и существенные связи.

4. Объяснение фактов и законов физической теорией, представляющей собой систему общих идей, на основе которых единообразно объясняется обширная группа явлений. (При изучении теорий следует показать, что теории могут быть построены по методу принципов, например классическая механика, термодинамика, и по методу модельных гипотез, например молекулярно-кинетическая и электронная теории, а также дать понятие о соотношении «старых» и «новых» теорий, раскрыв при этом суть принципа соответствия.)

5. Практическое применение научных знаний как конечная цель научного познания.

Раскрытие всех этих вопросов должно осуществляться на основе широкого использования исторического материала.

3. Обобщения философского характера в процессе преподавания физики

И физическая картина мира, и общая схема физического исследования представляют собой синтез физических и философских идей. Отсюда следует, что нельзя сформировать основ научного

мировоззрения без использования в обучении некоторых общих идей философского характера. К тому же одной из особенностей современной физики является ее глубокая диалектичность, теснейшая связь рассматриваемых в ней проблем с философскими проблемами. Это особенно ярко проявилось в эпоху рождения современной физики. Трудности и заблуждения в истолковании квантовых и релятивистских явлений были связаны именно с тем, что новые открытия свидетельствовали о глубокой объективной диалектике самой природы, а господствовавший в физике метод мышления был метафизическим. Как указывал В. И. Ленин, «физика свихнулась в идеализм, главным образом, именно потому, что физики не знали диалектики»¹. Понимание важности связи физики и философии передовыми учеными ярко проявляется в словах А. Эйнштейна: «В наше время,— говорил он,— физик вынужден заниматься философскими проблемами в гораздо большей степени, чем это приходилось делать физикам предшествующих поколений. К этому их вынуждают трудности их собственной науки»².

Очевидно, что и школьный курс физики должен отражать эту важнейшую особенность современной физики и потому включать в себя диалектико-материалистическую интерпретацию некоторых важнейших физических понятий и идей, а значит, и некоторые философские обобщения.

Совершенно естественно, что выводы и обобщения философского характера не должны искусственно привязываться к физическому материалу, а логически вытекать из анализа физических явлений и идей.

Учащимся в доступной форме необходимо сообщить следующие сведения:

Материальность мира: понятие о материи; многообразие и качественное своеобразие форм материи и взаимосвязь между ними; неисчерпаемость материи; связь материи с движением; многообразие и своеобразие форм движения материи; несотворимость и неуничтожимость материи и движения; пространственно-временное существование материи.

Диалектика природы: взаимосвязь и взаимообусловленность явлений природы; причинно-следственные связи между явлениями; единство и взаимодействие противоположностей; переход количественных изменений в качественные.

Диалектико-материалистический характер процесса познания природы: практика — источник развития знаний и критерий истины; роль производства в развитии физики, взаимовлияние физики и производства; объективный характер научных знаний; конкретность, относительность и абсолютность знаний и их развитие; познаваемость мира.

¹ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм.— Полн. собр. соч., т. 18, с. 277.

² Эйнштейн А. Сб. научных трудов, т. 4. М., 1967, с. 248

Поясним сказанное примерами.

Принцип материальности мира начинают раскрывать уже на вводных уроках в VIII классе, когда на основе обобщения знаний по курсу физики VI—VII классов формируют первичное представление о материи и делают вывод о том, что окружающий нас мир материален, т. е. существует вне нас, независимо от нашего сознания и прямо или косвенно действует на наши органы чувств, вызывая ощущения. В дальнейшем представления о материальности мира будут углубляться по мере раскрытия материальной природы каждого явления и выяснения тех материальных носителей, движением и взаимодействием которых обусловлено каждое явление. При изучении механики учеников знакомят с законами движения макротел, обосновывать реальность которых нет нужды, так как в их объективном существовании школьники не сомневаются. Иное дело — микрочастицы и поля, изучаемые в последующем; их нельзя обнаружить непосредственно с помощью органов чувств, и потому их реальность может быть недостаточно осознана учащимися. Что же является критерием реального существования микрообъектов и полей? Вполне убедительным на этот вопрос является ответ, данный в работе В. С. Готта: «То, что мы можем практически воспроизводить, — объективно существует. Реальное существование нейтрино, например, доказано не тем, что его непосредственно сфотографировали (этого не было), а тем, что мы можем получать в настоящее время потоки нейтрино... и при их помощи вызывать определенные реальные превращения в ядрах некоторых атомов. Наблюдение их неразрывно связано с процессом их воспроизведения в нашей практике. Мы наблюдаем нейтрино не сами по себе, а их проявления в условиях, которые созданы нашей практикой. Но это и есть доказательство его объективного существования»¹. Из сказанного следует, что для убеждения учащихся в реальности непосредственно невоспринимаемых объектов недостаточно только показать, что эти объекты так или иначе действуют на наши органы чувств. Крайне важно показать и то, что на основе теоретических представлений о том или ином объекте мы действительно осуществляем такие процессы, в которых проявляются предполагаемые свойства этого объекта, и эти процессы протекают в условиях эксперимента в полном соответствии с теоретическим предсказанием его характера.

Так, реальность электромагнитного поля доказывается прежде всего тем, что теоретические выводы Максвелла о волновом характере его распространения со скоростью света подтвердились опытами Герца, который экспериментально получил электромагнитные волны и обнаружил те явления, которые предсказывала теория, — явления интерференции, дифракции, преломления и т. д. Предсказанный Максвеллом факт существования светового давления и рассчитан-

¹ Готт В. С. Философские проблемы современной физики. М., 1967, с. 125.

ное теоретически его значение прекрасно подтвердилось опытами П. Н. Лебедева.

В обосновании реальности физических объектов большая роль принадлежит историческому материалу. Реальность электромагнитного поля будет лучше осознана, если показать ученикам историю борьбы концепций «дальнодействия» и «близкодействия».

Таким образом, к периоду изучения физической оптики ученики постепенно убеждаются в существовании двух видов материи — вещества и поля (свет же является частным случаем последнего) и в том, что во всяком взаимодействии существует определенный материальный носитель. В последних разделах курса физики ученики знакомятся с критериями, позволяющими отнести тот или иной объект к классу вещественных или полевых (при этом следует пояснить условность этого деления и его приблизительную справедливость лишь в рамках макромира). Здесь же показывается диалектическое единство корпускулярно-волновых свойств как важнейшая черта материальных объектов. И именно при изучении этих последних разделов физики представляется возможным особенно убедительно раскрыть ленинский вывод о неисчерпаемости материи, т. е. показать, что материя не есть некая простая однокачественная первооснова всего существующего: она многообразна по своим формам и каждая из них не является чем-то абсолютно простым и бесструктурным, а обладает многообразными свойствами, причем на каждом этапе развития науки известны лишь некоторые из форм материи и некоторые из ее бесконечно разнообразных свойств. При этом важно пояснить, что неисчерпаемость не есть лишь выражение отношения «состоит из ...», так как неисчерпаемость элементарных частиц проявляется не в том, что они из «чего-то состоят», а в том, что они взаимопревращаемы и обладают многообразными свойствами, которые лишь частично познаны нами и знания о которых постепенно расширяются и углубляются по мере развития науки.

Вместе с тем, рассказывая учащимся о том, как постепенно, переходя от простого к сложному, человек познавал реальный мир, открывая все новые и новые объекты и явления, все новые и новые их свойства, следует сделать вывод о познаваемости мира и объективности наших знаний, подтверждаемый физическим экспериментом и практическим использованием знаний.

Неразрывную связь материи и движения обосновывают целым рядом фактов. Закон инерции утверждает, что движение (равномерное и прямолинейное) есть естественное состояние, присущее телам и не понуждаемое извне. Тепловое движение частиц вещества является вечным, естественным процессом, а не связано с каким-то внешним воздействием. Электромагнитное поле может существовать только в движении, «остановка» света (поглощение) есть его уничтожение.

Закон $E = mc^2$ позволяет заключить, что, поскольку всякий объект обладает массой, постольку он обладает и энергией, а энергия — мера движения материи, поэтому каждому объекту присуще

движение в широком смысле слова. Релятивистское соотношение для массы означает, что с изменением скорости движения меняется и такое свойство материи, как инертность, т. е. свойства материи не есть нечто неизменное, а обусловлены движением. Вместе с тем относительность массы означает, что о свойствах материального объекта нельзя сказать ничего определенного, не учитывая движения объекта по отношению к выбранной системе отсчета.

Связь *количественных и качественных изменений* можно показать при анализе таких явлений, как преобразование агрегатных состояний вещества, полиморфизм, пробой диэлектрика, сверхпроводимость, различие свойств электромагнитных волн разных диапазонов, возникновение цепной реакции, когда масса урана достигает критического значения, явление аннигиляции пар «частица — античастица». Кроме того, очень важно пояснить ученикам, что количественные различия между макромиром и микромиром не могут не привести к существенным, качественным различиям между законами, действующими в этих областях. Аналогично этому количественные различия между медленными и быстрыми движениями отражаются на характере законов, которым они подчиняются. Следовательно, переходя от одной области явлений к другой, резко отличающейся по своим масштабам, мы будем иметь дело не только с количественными, но и с качественными отличиями — с новыми свойствами и законами. Поэтому нельзя считать, что подобно макромиру «устроены» все «миры» вообще. Нельзя законы, понятия и образы, выработанные в земных условиях, переносить на все многообразие других миров.

Подобным образом могут быть раскрыты и все другие положения философского характера, перечисленные выше.

4. Формирование материалистических убеждений

Научное мировоззрение — это не только система научных знаний. Знания должны превратиться в убеждения, приобрести определенную эмоциональную окраску. «...Без «человеческих эмоций», — говорил В. И. Ленин, — никогда не бывало, нет и быть не может человеческого *искания истины*»¹. На основе физических знаний у учащихся должны быть сформированы следующие убеждения:

Убеждение в справедливости научного материалистического понимания мира. Убежденность учеников в справедливости материалистических взглядов на мир может быть сформирована лишь при условии максимальной убедительности, обоснованности и полного отказа от догматизма при раскрытии физических понятий и идей. Кроме того, важно постепенно приучать школьников к использованию диалектико-материалистических представлений для самостоя-

¹ Ленин В. И. Рецензия. — Полн. собр. соч., т. 25, с. 112.

тельного анализа и объяснения физических явлений с материалистических позиций. Эту же цель преследует и критический анализ таких взглядов, как «энергетизм», «дальнодействие», «теория первотолчка», «концепция теплорода» и т. д.

Убеждение в красоте «внутреннего устройства» природы. Надо способствовать восприятию школьниками природы как стройного, гармоничного мироздания, чтобы ученик ощутил ее красоту, гармонию законов природы. Гармоничное материальное единство природы обнаруживается, например, в том, что частные, казалось бы не связанные, законы сводятся ко все более и более общим. Например, закон Стокса, закон Бернулли, правило Ленца и другие есть следствия одного общего закона сохранения и превращения энергии, а он в свою очередь обусловлен особыми свойствами времени — его однородностью. Природа прекрасна не только в своей целостности, но и в частностях. Разве не удивительно, что кристалл как бы «знает», рост какой грани энергетически более выгоден (анизотропия роста)? И сколько таких удивительных фактов можно найти в физике! Однако самое примечательное во всем этом то, что эта гармония, единство и кажущаяся «целесообразность» являются естественными и закономерными и их никто не создал. И в этом отличие материалистического отношения к красоте и единству природы от религиозно-идеалистического умиления перед «мудростью творца».

Красоту отдельных физических теорий и законов, в которых отражается объективная гармония природы, можно показать на примере теории относительности. Внутреннее совершенство теории проявляется в следующем:

а) теория не должна содержать искусственных и сложных предпосылок (исходные положения теории относительности просты, а потому изящны);

б) теория тем красивее, чем меньше число исходных предпосылок (Эйнштейн сводит их к минимуму — к двум постулатам);

в) теория тем совершеннее, чем большее число следствий выводится из исходных предпосылок (разве начинающий изучать теорию относительности может представить, к какому обилию фундаментальных идей приведут два исходных постулата?);

г) красота научной теории в ее разрыве с очевидностью, со «здравым смыслом», в ее парадоксальности (теория относительности в этом отношении — одна из самых необычных и потому красивых).

Убеждение в красоте научного познания и чувство уважения к людям науки, к их личности, к их труду. «Радость видеть и понимать есть самый ценный дар природы»¹, — говорил Эйнштейн, и ученику должна быть ведома эта радость как на основе пусть скромного личного опыта, так и на основе знакомства с историей рождения физических идей.

¹ Цитируется по кн.: Кузнецова Б. Г. Эйнштейн. М., 1963, с. 20.

Убеждение в могуществе физической науки и ее преобразующем влиянии на человеческую практику.

Для осуществления указанных выше возможностей формирования научного мировоззрения надо отказаться от бесстрастно-объективистского изложения материала и построить обучение так, чтобы факты науки не превращались в сводку догм и ученики ощутили бы полную драматизма, исканий и борьбы историю развития физики и поняли ту роль, какую играет в науке диалектико-материалистический подход к миру.

Г Л А В А 4

ИДЕЙНО-ПОЛИТИЧЕСКОЕ ВОСПИТАНИЕ УЧАЩИХСЯ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

1. Задачи идейно-политического воспитания учащихся в современных условиях

Идейно-политическое воспитание учащихся в процессе обучения является одной из важнейших задач, которые призвана решать наша школа. Идеологическая борьба приобретает особенно острый характер в современном период развития общества, характеризующийся укреплением мировой социалистической системы, успехами в развитии техники, науки, культуры стран социалистического содружества, с одной стороны, и углублением общего кризиса капитализма, крушением колониальной системы, подъемом классовой борьбы в странах капитализма — с другой.

Идеологический фронт — один из важнейших в борьбе за победу коммунизма. В программе КПСС определены следующие основные направления в области идеологической работы, идейно-политического воспитания трудящихся:

- формирование научного мировоззрения, преодоление пережитков прошлого в сознании и поведении людей;

- трудовое воспитание активных и сознательных строителей коммунизма;

- повышение образованности и культуры народа;

- воспитание народа в духе социалистического патриотизма и пролетарского интернационализма;

- решительная борьба против антикоммунизма, всех форм буржуазной идеологии.

Вопросы идейно-политического воспитания детей и молодежи должны быть ведущими во всей работе школы, органов народного образования, работников педагогической науки. Целям идейно-

политического воспитания должен быть подчинен весь учебный процесс. Не отдельные уроки, не отдельные беседы по отдельным вопросам, а вся система учебно-воспитательной работы должна служить целям коммунистического воспитания школьников, подготовки их к жизни, к трудовой деятельности. На это еще раз обращается внимание в постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательной школы и подготовки их к труду»

Содержание школьного курса физики создает большие возможности для решения этой задачи. Оно позволяет раскрывать перед учащимися преимущества социалистической системы хозяйства перед капиталистической; воспитывать у школьников чувство советского патриотизма и социалистического интернационализма; показывать авангардную роль коммунистов в развитии науки; разоблачать реакционную сущность фальсификаторов науки, реакционную сущность буржуазной идеологии; раскрывать передовой, глубоко гуманный характер советской науки и науки стран социалистического содружества; раскрывать пути создания материально-технической базы коммунизма.

Рассмотрим, как можно в процессе обучения физике решать эти задачи.

2. Методика работы по идейно-политическому воспитанию учащихся в процессе обучения физике

Раскрытие преимуществ социалистической системы хозяйства перед капиталистической. Показать преимущества социалистической системы хозяйства перед капиталистической представляется возможным при изучении целого ряда тем курса физики. Приведем несколько примеров.

Одним из важных преимуществ социалистической системы хозяйства является перспективное планирование развития народного хозяйства, планомерное развитие всех его отраслей. Оно обеспечивает быстрые темпы развития техники, создание крупнейших сооружений в кратчайшие сроки. На это преимущество учитель может обратить внимание при изучении темы «Производство, передача и использование электроэнергии».

В нашей стране энергетика развивается на основе гармоничного соотношения между тепло- и гидроэлектростанциями. В капиталистических странах закономерным является одностороннее увлечение тепловыми станциями, которые требуют меньше денежных вложений и быстрее строятся. Отрицательные черты этой односторонности стали отчетливо видны сейчас, в условиях развертывающегося на Западе энергетического кризиса.

В связи с изучением темы «Движение жидкостей и газов» учитель может рассказать о быстрых темпах строительства в СССР неф-

те- и газопроводов, дающих огромный экономический эффект. Ни в одной стране мира нет таких по протяженности нефте- и газопроводов.

При изучении двигателей внутреннего сгорания и их применения в технике уместно обратить внимание учащихся на строительство в кратчайшие сроки Волжского автомобильного завода имени 50-летия СССР. Завод-гигант был построен и пущен в эксплуатацию в течение трех лет. Это яркий пример огромной мощи нашего государства, неоспоримых преимуществ социалистического строя, плановой системы народного хозяйства.

Для иллюстрации высоких темпов развития техники в нашей стране благодатный материал представляет тема «Электрификация СССР» (темпы электрификации, строительство самых мощных в мире электростанций, высоковольтных линий передачи электроэнергии на большие расстояния, создание Единой энергетической системы и т. д.).

В VIII классе в связи с изучением физических основ реактивной техники и космонавтики представляется возможным разъяснить, что благодаря социалистической системе хозяйства наша страна занимает ведущую роль в исследованиях космического пространства.

В нашей стране создан первый искусственный спутник Земли, запущен первый космический корабль с человеком на борту — гражданином Советского Союза Ю. А. Гагариным.

Раскрывая экономическую эффективность преимуществ социалистической системы хозяйства, нужно подчеркивать, что они проявляются не сами по себе, не автоматически, а на основе умелого, сознательного их использования на практике.

Большое воспитательное значение имеет использование высказываний выдающихся ученых-физиков о преимуществах социалистической системы хозяйства перед капиталистической. На старшеклассников, например, сильное воздействие оказывают высказывания крупнейших ученых XX в. М. Планка и А. Эйнштейна. При введении понятия о квантовой теории можно дать небольшую биографическую справку о М. Планке, сообщить учащимся, что М. Планк приезжал в нашу страну в 1925 г. на празднование 200-летия АН СССР, что он выступал в Академии и на сессии Ленинградского областного Совета депутатов трудящихся. Давая интервью в газете, он говорил: «Я унесу из Вашей страны радостную мысль о том, что у Вас о науке несут большую заботу не только ученые, но и правительство и общественность»¹.

При изучении квантовой теории света и теории относительности большое воспитательное значение имеет краткая биографическая справка о создателе этих теорий Альберте Эйнштейне. В связи с этим можно привести его высказывания о пороках ка-

¹ Цитируется по кн.: Макеева Г. П. и Медведев П. Е. Рассказы о физиках. Минск, 1966, с. 149.

питалистического общества. В 1931 г. в статье «Почему нужен социализм?» Эйнштейн писал: «Экономическая анархия капиталистического строя, по моему мнению, есть подлинный корень зла. Я убежден, что есть один только путь борьбы с этим тяжким злом — введение социалистической экономики вместе с системой просвещения, направленной на благо общества»¹.

Эйнштейн хорошо понимал пороки капиталистического общества, механизм капиталистического производства и распределения, приводящий к ожесточенной конкуренции, к мировым войнам. Поэтому, когда ему предложили составить небольшую записку для «бсмбы времени» (которую американцы закопали в землю до 6939 г.) и передать свое пожелание потомкам, ученый написал следующее: «Наше время богато творческой мыслью, и открытия, сделанные нами, могли бы значительно облегчить нашу жизнь. С помощью электрической искры мы пересекаем океаны. Мы используем электричество для того, чтобы избавить человека от утомительного физического труда. Мы научились летать, и мы умеем легко посылать сообщения по всей планете с помощью электрических волн. Но при всем том производство и распределение товаров у нас совершенно не организовано, и люди вынуждены жить в страхе, боясь быть выброшенными из экономического цикла и лишиться всего. Кроме того, люди, живущие в разных странах, через неравномерные промежутки времени убивают друг друга, и поэтому каждый, кто думает о будущем, должен жить в постоянном ужасе.

Я верю, что наши потомки прочтут эти строки с чувством оправданного превосходства»².

В этой заметке беспристрастная оценка капиталистического общества и вера ученого в прогрессивное развитие человечества.

Ознакомление учащихся с программой КПСС. На уроках физики предоставляется возможность для ознакомления школьников с Программой КПСС в органической связи с изучаемым материалом.

Учащимся необходимо разъяснить, что одна из основных задач, поставленных в Программе КПСС, — создание материально-технической базы коммунизма. С путями решения этой задачи следует знакомить учащихся на протяжении всего курса физики. При этом особое внимание нужно уделить вопросам создания энергетической базы, комплексной механизации и автоматизации во всех отраслях народного хозяйства, внедрению новых технологических процессов, основанных на использовании новейших достижений науки и техники.

Учащиеся должны понять, что энергетической основой создания материально-технической базы коммунизма является электрификация. В соответствующих местах курса необходимо показывать учащимся, каким образом практически обеспечиваются быстрые

¹ Цитируется по кн.: Макаева Г. П. и Медведев П. Е. Рассказы о физиках. Минск, 1966, с. 261.

² Там же, с. 257.

темны электрификации, разъяснять, почему с первых дней существования Советской власти Коммунистическая партия ставила задачу электрификации нашей страны.

На местном материале следует показывать, как электрификация изменяет облик городов, сел, повышает культуру труда и быта, создает необходимые предпосылки для быстрого роста производительности труда путем автоматизации производства. Огромное воспитательное значение имеет раскрытие экономического эффекта от внедрения в производство автоматики и новых материалов, от совершенствования технологических процессов. Вдумчиво работающий учитель найдет место и время для рассмотрения этих вопросов. Так, при изучении темы «Трение» можно рассказать об экономическом эффекте, который дает применение некоторых пластмасс, например, в железнодорожном транспорте. В нашей стране ежегодно выпускается около 28 млн. чугунных тормозных колодок. Сейчас их начинают заменять пластмассовыми. Масса чугунной колодки 16 кг, а пластмассовой — только 4 кг, и она в 2 с лишним раза долговечнее металлической. Управлять локомотивом с тормозными колодками из пластмассы легче вследствие того, что путь торможения при этом сокращается с 1000 до 300—500 м. Замена чугунных колодок пластмассовыми только на ста товарных вагонов дает экономию 184 тыс. руб.

Учащихся следует ознакомить с проблемами, которые требуют первоочередного решения, с трудностями, которые нужно преодолеть для их решения. Ученики должны иметь представление об этих трудностях и готовить себя к их преодолению.

Например, при изучении механического движения и трения (VIII класс) учитель может рассказать, как в сельском хозяйстве решается проблема повышения рабочих скоростей почвообрабатывающих, посевных и уборочных машин. Долгое время существовало мнение, что эти машины должны двигаться с небольшими скоростями, чтобы не нарушать структуры почвы. Выпускавшиеся до 1962 г. тракторы могли развивать небольшие скорости — 3,5—4,5 км/ч, что приводило к затягиванию сроков посевов, уборки и в конечном счете к снижению качества урожая. В настоящее время доказано, что увеличение рабочих скоростей до 9—10 км/ч не приводит к нарушению структуры почвы. Но при увеличении рабочих скоростей резко возрастает сопротивление почвы и в связи с этим тяговое сопротивление машин. Это приводит к необходимости увеличения мощности тракторов, в агрегате с которыми работают все сельскохозяйственные машины.

Проблема повышения скоростей сельскохозяйственных машин решается двумя путями: с одной стороны, увеличивают мощность тракторов (создают новые, более мощные тракторы), с другой стороны, идут поиски такой геометрии почвообрабатывающих и посевных машин, при которой сопротивление движению рабочих органов в почве будет наименьшим. Кроме этого, для уменьшения трения почвы о поверхность рабочих орудий начинают применять так

называемые чехлы из фторопласта или фторопластовые «подушки», к которым не прилипает почва.

Производительность труда можно повысить также за счет внедрения автоматики и телемеханики в сельское хозяйство. В частности, огромное значение имеет управление тракторными агрегатами на расстоянии. Полезно такую проблему поставить перед старшеклассниками после изучения принципов радиосвязи.

Говоря о механизации трудоемких работ и о внедрении автоматики в производство на занятии по теме «Физика и технический прогресс» в X классе, надо обратить внимание учащихся на то, что в нашей стране и других социалистических странах механизация и автоматизация работ осуществляются для облегчения труда человека, высвобождения его от тяжелого физического труда; с целью повышения производительности труда, уменьшения затрат труда на единицу продукции и тем самым снижения себестоимости продукции. А чем больше будет выпускаться продукции и чем ниже будет ее себестоимость, тем лучше будет жизнь советских людей. Следует также иметь в виду повышение интеллектуального содержания труда, стирание существенных различий между умственным и физическим трудом.

Ускоряя технический прогресс, увеличивая материальное производство, социалистические страны направляют все больше сил и средств в сферу духовного развития общества, на улучшение быта людей. Это позволило в нашей стране впервые в мире осуществить бесплатное обучение в средней и высшей школе, обеспечить переход ко всеобщему среднему образованию.

В капиталистических странах механизация и автоматизация служит средством обогащения капиталистов и одной из причин безработицы.

3. Воспитание советского патриотизма и социалистического интернационализма

Воспитанию этих качеств способствует раскрытие преимущества социалистической системы хозяйства перед капиталистической, ярким проявлением которого является братское сотрудничество социалистических стран, оказание бескорыстной помощи слабо развитым странам. Учитель физики может показать это на примере строительства нефтепровода «Дружба», энергетического кольца, поставок в братские страны советских тракторов и другой техники; на примере содружества ученых разных стран в изучении многих актуальных проблем (космос, ядерная физика, магнитное поле Земли и др.).

Семь европейских государств — членов СЭВ — объединяет энергосистема «Мир». Обмен электроэнергией осуществляют Советский Союз, Польша, Чехословакия, ГДР, Венгрия и Румыния. Вступило в строй и болгарское звено объединенной энергосистемы.

Примером широкой кооперации с предприятиями социалистических стран, экономического и научно-технического содружества стран СЭВ явилось сооружение Волжского автомобильного завода. В производственной деятельности этого завода принимают участие ГДР, НРБ, ПНР, ЧССР, СФРЮ. Предприятия этих стран поставляют по кооперации комплектующие изделия 68 наименований для «Жигулей». В свою очередь эти страны получают из СССР готовые легковые автомобили.

В ряде тем представляется возможность рассказать о том, что Советский Союз оказывает большую помощь в развитии экономики, культуры, просвещения и здравоохранения слабо развитым странам (проектирование и строительство электростанций и заводов, подготовка национальных кадров, в том числе и в области физики, и т. д.).

Для воспитания чувства гражданского долга, любви к Родине имеет большое значение ознакомление учащихся с общественно-политической деятельностью русских и советских ученых. Важно раскрыть такие качества ученых, как патриотизм, ненависть к силам реакции, большая настойчивость в преодолении трудностей, принципиальность в борьбе со всем реакционным. Это можно показать на ярких примерах из жизни А. С. Попова, П. Н. Лебедева, К. Э. Циолковского, Ф. А. Цандера, И. В. Курчатова, С. П. Королева. Важную роль в решении этой задачи играет ознакомление учащихся с общественной деятельностью зарубежных прогрессивных ученых (П. Ланжевена, Ф. Жолио-Кюри, А. Эйнштейна, Н. Бора и др.).

ГЛАВА 5

ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЕ ОБУЧЕНИЕ.

ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ОРИЕНТАЦИЯ УЧАЩИХСЯ

1. Сущность и задачи политехнического обучения в условиях научно-технической революции

Идея о политехническом обучении впервые была выдвинута и научно обоснована К. Марксом и Ф. Энгельсом. Под политехническим обучением К. Маркс понимал обучение, которое «знакомит с основными принципами всех процессов производства и одновременно дает ребенку или подростку навыки обращения с простейшими орудиями всех производств»¹.

¹ Маркс К. Инструкция делегатам Временного Центрального Совета.— Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 16, с. 198.

Идеи основоположников научного коммунизма о политехническом обучении были развиты в трудах В. И. Ленина. Разрабатывая вопрос о создании новой школы, В. И. Ленин указывал на необходимость проведения «бесплатного и обязательного общего и политехнического (знакомящего в теории и на практике со всеми главными отраслями производства) образования для всех детей обоего пола до 16-ти лет»¹.

Первостепенное внимание политехническому образованию уделяла в своих научных трудах и в практической деятельности в области народного образования Н. К. Крупская.

Принципиальные положения о политехническом образовании, разработанные основоположниками марксизма-ленинизма, остаются незыблемыми и в настоящее время. Однако постоянно в связи с изменением условий жизни общества они требуют творческого применения к конкретным обстоятельствам, типам школ, возрастным группам учащихся, различным учебным предметам и т. д.

Особое влияние в настоящее время на все стороны народного образования, в том числе и на политехническое обучение, оказывает научно-техническая революция.

«Научно-техническая революция есть коренное преобразование науки и техники, их связей и общественных функций, ведущее к универсальному перевороту в структуре и динамике производительных сил общества в смысле изменения роли человека в системе производительных сил на базе комплексного технологического применения науки как непосредственной производительной силы, проникающей во все составные части производства и преобразующей важные условия жизни человека»².

История знает несколько научных революций. И все они связаны прежде всего с открытиями в области физики. Для современной научно-технической революции, по выражению академика Кедрова, характерно то, что лозунг: «Наука — лицом к производству» — дополняется лозунгом: «Производство — лицом к науке». При этом имеет место опережающее развитие науки [15].

Изменяющиеся условия жизни изменяют и самого человека. «Растет производительник нового типа, в нем все гармоничнее сочетается физический и умственный труд. Это человек с широким профессиональным кругозором и мастерством, с глубоким знанием политехнических основ современного производства, способный быстро осваивать новейшие машины и технологические процессы»³, — говорил Л. И. Брежнев в речи на XVII съезде ВЛКСМ.

Соответственно должна видоизменяться и политехническая подготовка учащихся в школе. В настоящее время политехническая подготовка школьников должна включать в себя «знание ими науч-

¹ Ленин В. И. О политехническом образовании. — Полн. собр. соч., т. 38, с. 96.

² Человек, наука, техника. М., 1973, с. 352.

³ Брежнев Л. И. Речь на XVII съезде Всесоюзного Ленинского Коммунистического Союза Молодежи 23 апреля 1974 года. М., 1974, с. 8—9.

ных основ и объектов современной техники и умения решать производственно-технические задачи, связанные в основном с решением интеллектуально-практических задач (конструирование, унификация, оптимизация процессов производства и т. д.)»¹.

Политехнический принцип в обучении определяется, однако, не только задачами вооружения учащихся определенной суммой политехнических знаний и практических навыков и умений. Он является также необходимым и важнейшим условием успешности обучения основам наук вообще. Согласно ленинской формуле: «От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике»² — политехническое обучение представляет одно из необходимых и важнейших звеньев учебного процесса.

В современной советской школе политехническая подготовка учащихся осуществляется целой системой взаимосвязанных мероприятий учебно-воспитательного процесса, включающего в себя политехнически направленное изучение основ наук, факультативы, трудовое обучение, общественно полезный труд и внеклассную работу.

2. Роль и место школьного курса физики в политехническом обучении учащихся

Физика — научная основа техники. Поэтому физике как учебному предмету принадлежит ведущая роль в политехническом обучении. Содержание учебного предмета физики представляет большие возможности для ознакомления учащихся с физическими принципами главных отраслей производства, с технологией многих процессов и организацией труда.

В современных условиях можно выделить такие ведущие отрасли техники, использующие закономерности физики в качестве своей научной базы, как энергетика; машиностроение; контрольно-измерительная техника; техника устройств, регулирующих и направляющих производственные процессы (автоматика, радио, электроника, кибернетика); транспорт (автомобильный, воздушный, железнодорожный, водный, газо- и бензонефтепроводы); связь (телефон, телеграф, радио, телевидение).

К физике имеют непосредственное отношение также отдельные области технологии (механические, термические и электрические способы обработки металлов, обработка металлов давлением и с помощью различного рода излучений и др.).

Не следует забывать также об использовании физики в военном деле, специально выделяя время для рассмотрения военно-прикладных вопросов.

¹ А т у т о в П. Р. Политехнический принцип обучения школьников. М., 1976, с. 8.

² Ленин В. И. Философские тетради. — Полн. собр. соч., т. 29, с. 152—153.

В соответствии с вышеизложенным можно наметить следующие задачи курса физики в политехническом обучении:

вооружение учащихся знаниями о физических принципах современного производства, его техники и технологии;

формирование у учащихся умения применять знания по физике для решения различных физико-технических задач;

выработка у учащихся умений и навыков обращения с широко распространенными в современной технике контрольно-измерительными приборами, приборами управления, источниками энергии, способами преобразования ее и использования;

формирование определенных качеств личности: коммунистического отношения к труду, профессиональной направленности, творческой инициативы, пытливости, исследовательских и конструкторских умений.

При отборе политехнического материала учитель должен руководствоваться следующими принципами.

Технические сведения, доступные для усвоения учащимися, должны быть органически связаны с программным материалом, углублять и конкретизировать его, не нарушая систему и логику курса физики.

Технические сведения должны знакомить учащихся с главными отраслями современной техники и тенденциями ее развития, с сущностью наиболее важных технологических процессов, принципов действия приборов и установок.

Соответствующее место должен находить материал, знакомящий учащихся с предприятиями родного края, с окружающими школу заводами, фабриками; людьми, управляющими этой техникой; с условиями их труда, требованиями, предъявляемыми к физическим знаниям.

Все примеры и факты политехнического характера должны быть систематизированы и рационально регламентированы.

3. Вооружение учащихся политехническими знаниями

Политехнична уже сама физика и все ее законы. Поэтому первой задачей политехнического обучения в курсе физики является вооружение учащихся глубокими знаниями, и в первую очередь знаниями фундаментальных физических теорий и законов. Поясним это на конкретных примерах курса физики VIII класса.

В VIII классе изучается закон сохранения энергии. При изучении этого фундаментального закона следует ознакомить учащихся с его использованием в работе гидроэлектростанций, оперируя конкретными примерами, характеризующими крупнейшие в мире гидроэлектростанции СССР (Красноярская ГЭС им. 50-летия СССР, Саяно-Шушенская ГЭС и др.). Следует также рассказать о чрезвычайно интересных в этом отношении гидроаккумулирующих электростан-

ниях, строительство которых предусмотрено десятым пятилетним планом [4, с. 177].

На примерах применения машин на стройках (краны, бульдозеры, транспортеры), машин и механизмов на животноводческих фермах (подвесные дороги, доильные аппараты), уборочных машин (зерновые и картофельные комбайны, сеялки и др.) учащихся можно ознакомить с механизацией трудоемких процессов.

В указанных машинах школьники должны увидеть, какие известные им законы механики, в том числе изученные еще в VI классе законы простых механизмов (рычаг автопоилок, наклонная плоскость транспортеров, блоки подъемных кранов, гидравлические подъемники и т. д.), положены в основу работы этих машин.

В качестве конструкторской задачи может быть рассмотрено механическое устройство, обеспечивающее автоматическую работу какой-либо машины или механизма, например отбойного молотка.

Примерами инструментов и приборов контрольно-измерительной техники могут служить штангенциркули, микрометры, индикаторы, уровнемеры, манометры, спидометры, тахометры, счетчики расхода газа и др.

Практическое применение законов механики следует показывать и на примерах различных видов транспорта. Учащиеся с интересом и пользой воспримут сведения о новых пассажирских самолетах: Ил-86 (аэробус), Як-42, грузовые самолеты типа Ил-76, самолеты для местных воздушных линий и сельскохозяйственной авиации [4, с. 210]. Весьма экономичны непрерывные виды транспорта — контейнерный, трубопроводный, в том числе пневмоконтейнерный и канатно-подвесной [4, с. 207]. Следует рассказать и о перспективах развития автомобильного транспорта. Говоря о развитии водного транспорта, следует упомянуть поставленную в десятом пятилетии задачу пополнения флота ледоколами, в том числе атомными, рассказать об историческом походе атомохода «Арктика» к Северному полюсу.

При изучении материала об искусственных спутниках Земли целесообразно сказать об их использовании для радиовещания и телевидения. В десятой пятилетке предусмотрено «более широкое использование искусственных спутников Земли, в первую очередь для обеспечения телевизионным вещанием районов Западной и Восточной Сибири и для телефонно-телеграфной связи с отдаленными районами страны»¹.

На занятиях по физике следует также дать понятие о некоторых технологических процессах. Например, в VIII классе можно рассказать учащимся о том, что один из самых древних способов обработки материалов ударом и давлением получил сейчас второе рождение благодаря новым способам создания колоссальных статических и динамических нагрузок. Так, для создания искусственных алмазов потребовалось давление до 10^6 Па и температура около 2700°C .

¹ Материалы XXV съезда КПСС. М., 1976, с. 211.

4. Формирование политехнических умений и навыков

Практические умения и навыки, приобретаемые учащимися на занятиях по физике, так же как и знания, уже сами по себе имеют политехническую направленность. К важнейшим общим умениям относятся умения, связанные с овладением и применением научных методов, присущих физике: умения наблюдать, ставить эксперимент, производить математическую обработку результатов измерений, искать и устанавливать функциональную зависимость между физическими величинами.

Объектами наблюдений, помимо используемых в школе физических и технических приборов, должны стать прежде всего технические приборы и установки, с которыми учащиеся знакомятся во время производственных экскурсий. Таким экскурсиям как одному из средств политехнического обучения, придавал особое значение В. И. Ленин, рекомендовавший в заметках на тезисы Н. К. Крупской «О политехническом образовании» в связи с изучением электричества посещение учащимися не менее 1 — 3 раз электрической станции, завода, совхоза.

Одна из важных задач экскурсий наряду с вооружением учащихся определенной суммой политехнических знаний — формирование у них умений не только «смотреть», но и «видеть» промышленные объекты и процессы глазами физика-исследователя [II, 53, гл. 10, с. 126—134].

Большое количество наблюдений и опытов учащиеся могут выполнить, используя также объекты непроизводственной техники: мопед, мотоцикл, холодильник, электросчетчик, портативный транзисторный радиоприемник, телевизор и др. Так, например, мопед, практически знакомый всем учащимся, особенно мальчикам, содержит все принципиально важные составные части любой тепловой машины; холодильник дает образец тепловой машины (или теплового насоса), работающей с обратным циклом; транзисторный приемник позволяет легко обнаружить определенную направленность излучения и приема радиоволн, экранирующее действие электропроводящих материалов. Все это приучает ученика видеть физику и ее применение «вокруг нас», формирует определенный политехнический образ мышления. Одновременно формируются и некоторые умения управления техникой.

Первоначальные умения пользоваться физическими, в основном учебными измерительными приборами, полученные в VI—VII классах, в VIII—X классах должны постепенно переходить в прочные навыки применения более сложных и совершенных лабораторных и технических приборов: тахометров, омметров, выпрямителей, трансформаторов и др.

Дальнейшее развитие в основном на физико-технической основе получают конструкторские навыки. Для этого решаются конструкторские, теоретические и экспериментальные задачи (гл. 9), вклю-

чаются элементы конструкторских заданий во фронтальные лабораторные работы и особенно в работы физического практикума, ряд которых может выполняться на технической производственной базе (гл. 8). Наконец, значительные возможности, значение которых для формирования конструкторских способностей трудно переоценить, открывают кружки по физико-техническому моделированию (гл. 11, 12).

5. Политехнический принцип и методы преподавания

Политехническое обучение базируется не только на определенном содержании, но и на соответствующих методах преподавания, которые призваны обеспечить усвоение учащимися нередко довольно сложных технических вопросов, дать достаточно совершенные практические навыки и умения, сформировать необходимые качества личности. Все это создает значительную дополнительную нагрузку для учащихся и потому требует использования всех средств активизации их познавательной деятельности. В общепедагогическом плане этому вопросу посвящено значительное число специальных работ [5; 26]. При этом первоосновой активности учебной деятельности школьника признается ее проблемное содержание [см.: 20]. Проблемный подход, «эвристика» должны пронизывать все виды занятий и методы преподавания: демонстрации [см.: 32], лабораторные занятия (гл. 8), решение задач (гл. 9) и т. д. Для политехнического обучения все это имеет особое значение по той причине, что оно по самому своему существу носит активный характер творческой деятельности, требует применения общеобразовательных знаний и умений в жизни, технике, производстве.

Решение любых технических, производственных задач обычно требует комплексного применения знаний. В жизни и труде задачи не делятся на чисто физические, химические, математические и т. д. Отсюда следует важность осуществления в процессе политехнического обучения межпредметных связей [11, 53, гл. 3].

Для преподавания физики особенно важны обоюдные связи с математикой, химией, биологией, трудовым обучением. Связь с биологией должна, в частности, осуществляться по линии охраны природы¹.

Взаимосвязь преподавания физики с трудовым обучением начинается еще в VI—VII классах на базе работы учащихся в учебных мастерских, на пришкольном участке, выполнения общественно полезного труда и т. д. [53, гл. 3]. В старших классах особенно в настоящее время в связи с возрастающей ролью трудового обучения и профориентацией учащихся межпредметные связи физики и всех

¹ См.: Иоганзен Б. Г., Городецкая Н. А. Сельская школа и охрана природы. М., 1976.

видов трудового обучения становятся более тесными и важными. Увеличивается количество часов на трудовое обучение на базе школьных и межшкольных мастерских и прикрепленных к школе промышленных предприятий, повышается качество обучения, его политехническая и профессиональная направленность. Это требует более широкого использования и осмысления с точки зрения законов физики известного учащимся технического материала (физическая сущность балансировки роторов электромоторов, пайки металлов, использования капиллярности и т. д.). Учитель должен организовывать целенаправленные физические наблюдения в мастерских и цехах предприятий. Следует больше внимания уделять задачам с производственным содержанием (гл. 9), экспериментальным исследовательским заданиям (гл. 6), демонстрационному эксперименту с техническим содержанием и с использованием известных учащимся технических приборов, демонстрациям принципов некоторых технологических процессов, с которыми учащиеся могут встретиться при трудовом обучении (некоторые виды обработки металлов, способы окраски, пайки, электросварки, литья металлов, гальванизации и др.) [II, 49].

Возможна организация некоторых практических работ по физике на базе мастерских или в цехах.

Большое воспитательное и образовательное значение имеет также изучение учащимися рационализаторских предложений и изобретений (гл. 9).

Наконец, отметим особую важность для политехнического обучения высокого технического уровня оснащения учебного процесса по физике, современное оборудование физического кабинета.

Не следует забывать, что в основе методов преподавания физики лежит физический эксперимент. Поэтому для политехнического обучения учащихся на уроках физики особое значение имеют:

а) демонстрации устройства и принципа действия технических приборов и установок. Большое количество таких демонстраций содержится в книге Г. И. Жерехова [II, 49]. Такие демонстрации следует дополнять показом собственно технических приборов и деталей: различного рода подшипников, технических манометров и индикаторных головок в собранном и частично разобранном виде, коллекций материалов и т. д.;

б) демонстрации кинофильмов физико-технического содержания;

в) организация просмотра телепередач общенаучного и мировоззренческого направления (например, передачи из цикла «Очевидное — невероятное»).

Политехническое обучение на занятиях по физике должно формировать определенную направленность личности учащегося всей обстановкой, стилем и методами преподавания. Ученик должен жить в технической атмосфере. Для этого необходимо самое широкое использование не только учителем, но и учащимися различных технических средств обучения (проекционная аппаратура, контролирующие и обучающие машины, счетные устройства, справочная литера-

туры, чертежные инструменты и т. д.) Необходима научная организация труда учителя и учащихся в кабинете физики (гл. 12). Все это приблизит учебный труд учащихся в физическом кабинете к общим условиям современного труда многих категорий работников.

6. Профессиональная ориентация учащихся

«Профессиональная ориентация — система научно обоснованных мероприятий, направленных на подготовку молодежи к выбору профессии с учетом особенностей личности и потребностей народного хозяйства в кадрах, на оказание помощи молодежи в профессиональном самоопределении и трудоустройстве... Профессиональная ориентация включает ознакомление молодежи с отраслями народного хозяйства, формами профессиональной подготовки, с потребностями народного хозяйства в кадрах, возможностями трудоустройства, пропаганду нужных народному хозяйству профессий, формирование определенной профессиональной направленности, непосредственную помощь в выборе профессии и трудоустройстве»¹.

Профессиональная ориентация учащихся — это составная часть системы коммунистического воспитания и всего учебно-воспитательного процесса в школе. Она осуществляется на основе и в процессе соответствующим образом направленного изучения основ наук, политехнического и трудового обучения и воспитания.

Л. И. Брежнев в приветствии участникам Всероссийского совещания по вопросам трудового воспитания и профессиональной ориентации молодежи говорил, что «первостепенное значение приобретает задача комплексной организации всего дела трудового воспитания молодежи, ее идейно-правственной и гражданской закалки»². Подавляющее большинство учащихся, окончивших среднюю школу, поступает в ПТУ, средние специальные учебные заведения или непосредственно в сферу производства. Поэтому важнейшим направлением работы по профессиональной ориентации должно быть формирование у учащихся интересов и склонностей к рабочим специальностям. При этом, как показывает практика, успешное формирование профессиональных интересов учащихся возможно только совместными усилиями общеобразовательной школы, семьи, ПТУ и предприятий.

Учитель должен быть хорошо ознакомлен с системой профтехобразования и включен в общую педагогическую работу по профориентации учащихся своего района.

В этих целях необходимо совместное проведение школами и ПТУ тематических занятий на традиционных августовских совещаниях; проведение на базе ПТУ семинаров учителей труда и дру-

¹ Большая советская энциклопедия, 3-е изд. М., с. 144.

² Брежнев Л. И. Ленинским курсом, т. 6. М., 1978, с. 316.

гих учебных дисциплин; организация совместных Педагогических чтений, университетов педагогических знаний, родительского всеобуча, конференций по линии «Педагогического общества» и общества «Знание» и др.

Учителя школ, мастера и преподаватели профтехучилищ должны постоянно поддерживать взаимную связь как по общепедагогическим и методическим вопросам, так и специально по вопросам профориентации учащихся.

В работе с учащимися классные руководители и учителя школ могут использовать следующие пути и методы профориентации:

ознакомление учащихся с народным хозяйством района и перспективами его развития;

ознакомление с профессиональными учебными заведениями, вузами, техникумами, ПТУ;

экскурсии в учебные заведения и на предприятия;

встречи с преподавателями и мастерами ПТУ, лучшими учащимися, выпускниками и передовиками производства;

включение учащихся в кружковую работу, которая проводится в ПТУ, в том числе в работу общества рационализаторов и изобретателей;

организация вечеров на тему «Моя профессия — моя гордость»;

просмотр и обсуждение телепередач из циклов: «Дневник социалистического соревнования», «День профессии» (Всесоюзный день работников сельского хозяйства, День шахтера, День учителя и др.).

Важное место в профориентационной работе в школе призваны занимать занятия по физике, поскольку на их основе можно с наибольшим успехом познакомить учащихся со многими отраслями современного производства, с техникой и массовыми профессиями.

Профориентационная работа, которая начинается уже в младших классах, приобретает особое значение в VIII классе, так как дальнейшее обучение многие учащиеся будут продолжать в сети профессионально-технических училищ, которые не только не являются преградой в дальнейшем образовании и творческой деятельности учащихся, но при соответствующем воспитании и моральном настрое служат прекрасной школой на всю жизнь. Трудовая закалка академика С. П. Королева началась в популярной среди молодежи Одесской строительной профессиональной школе № 1, которую он закончил по специальности кровельщика. «Хорошая была школа»¹, — говорили спустя много лет ее бывшие ученики.

Всегда с благодарностью вспоминал Ю. А. Гагарин о Люберецком ремесленном училище и Саратовском индустриальном техникуме, где он изучал литейную специальность и получил путевку в жизнь.

Ознакомление школьников с организацией труда, в том числе основанного на применении машин, механизмов и технологических процессов, научной основой которых являются законы физики, по-

¹ Асташенков П. Т. Академик С. П. Королев. М., 1969, с. 15.

зволяет вести с учащимися целенаправленную профориентационную работу. Особенно в этом отношении благодатный материал дает ознакомление с трудом рационализаторов и изобретателей.

Большое значение для профессиональной ориентации школьников имеют факультативные занятия. Особого внимания здесь заслуживает факультатив по физико-техническому моделированию. Кроме того, занятия по физике самым тесным образом связаны с факультативами по трудовому обучению, особенно по таким темам, как радиоэлектроника, электроника, автомобиль, ремонт тракторов и сельскохозяйственных машин, механизация и электрификация животноводства, начальная военная подготовка по специальности водителя автомобиля и мотоцикла, радиотелефониста, электрика, электромонтажника и др.

Большие возможности для профориентации учащихся открывает внеклассная работа по физике (гл. 11). Важнейшими достоинствами такой работы являются удовлетворение ярко выраженных индивидуальных интересов ребят и самый тесный контакт учителя и учащихся, возможность эффективного влияния учителя на каждого ученика. Нередко такое тесное содружество учителя и учеников оказывает неизгладимое влияние на выбор жизненного пути молодых людей, прошедших в кружках начальную научно-техническую и творческую школу.

В одесской строительной профессиональной школе № 1 С. П. Королев с увлечением занимался в трех кружках: математическом, астрономическом и физкультурном, а также в кружке планерного спорта. Последнее увлечение и определило жизненный путь будущего академика и генерального конструктора космических кораблей.

Ю. А. Гагарин был активным членом физического кружка Саратовского индустриального техникума. На кружке им был подготовлен доклад «К. Э. Циолковский и его учение о ракетных двигателях и межпланетных путешествиях». «Циолковский перевернул мне всю душу»¹, — писал впоследствии Ю. А. Гагарин.

Что же должно быть итогом всей описанной выше работы? Делом жизни и престижа каждого учителя является привитие учащимся любви к своему предмету. И каждый учитель гордится теми учениками, которые пошли по его стопам. Однако это только еще половина дела. Важно, чтобы этот выбор наилучшим образом соответствовал способностям и возможностям ученика и потребностям общества, народного хозяйства. А эти потребности состоят прежде всего в том, чтобы пополнялся квалифицированной силой рабочий класс, массовые профессии работников в городе и селе. Отсюда особое внимание в работе по профориентации следует обращать на технические училища и средние специальные учебные заведения. Это не закрывает, разумеется, талантливой молодежи дороги в вузы и большую науку. Но маяком и в этой дороге служит способность и готовность к общественно полезному труду.

¹ Гагарин Ю. А. Дорога в космос. М., 1969, с. 33.

ПРОБЛЕМНОЕ ОБУЧЕНИЕ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

Проблемное обучение — это научно обоснованная система развития мыслительной деятельности и способностей учащихся в процессе обучения, охватывающая все основные виды учебной работы учащихся и определяющая оптимальные условия их развития. Основу ее составляют учебные проблемы разных видов. Такая система пока еще только создается педагогической наукой. По физике она начала складываться под влиянием идей, высказывавшихся нашими выдающимися методистами И. И. Соколовым, П. А. Знаменским, Е. Н. Горячкиным, К. Н. Елизаровым, а также под влиянием дидактов и психологов [21]. В настоящее время появились книги, в которых многие идеи проблемного обучения по физике получили конкретное воплощение [26; II, 29].

В этой главе мы не будем останавливаться на таких вопросах, как понятие о проблемном преподавании и проблемном учении; условия, необходимые для осуществления проблемного обучения; способы создания проблемных ситуаций. (Они рассмотрены в «Методике преподавания физики в 6—7 классах средней школы» [22, с. 52—54].) Остановимся на важном для практики вопросе об основных путях осуществления проблемного обучения физики в VIII—X классах.

1. Проблемное обучение при объяснении нового материала

При объяснении нового материала используются в основном две формы проблемного обучения: проблемное изложение и поисковая (эвристическая) беседа. В первом случае проблему формулирует и решает сам учитель. Но он не просто «излагает материал», а размышляет вслух над проблемой, рассматривает возможные подходы к ее решению и пути решения. Одни из них он отвергает в процессе рассуждения как несостоятельные, другие принимает, развивает и приходит, таким образом, постепенно к верному решению. На таких примерах учащиеся учатся логике рассуждений при решении проблем, их анализу, глубже усваивают сам материал.

Значительно чаще, чем проблемное изложение, при изучении нового материала используют другую форму проблемного обучения — поисковую (эвристическую) беседу. Смысл ее состоит в привлечении учащихся к разрешению выдвигаемых на уроке проблем с помощью подготовленной заранее учителем системы вопросов.

Методика проблемного обучения в большой мере зависит от содержания учебного материала. Поясним это на примере изучения физических явлений, законов и теорий.

Проблемное изучение физических явлений. Типичная схема

изучения физических явлений в старших классах в наиболее полном виде выглядит следующим образом.

1. Наблюдение явления.
2. Выявление характерных особенностей явления.

3. Установление связей данного явления с другими, ранее изученными явлениями и объяснение природы явления.

4. Введение новых физических величин и констант, характеризующих изучаемое явление.

5. Установление количественных закономерностей, относящихся к рассматриваемому явлению.

6. Практическое применение изученного явления.

Проблемный подход может быть использован в той или иной степени на всех этапах изучения физического явления. Однако наибольшие возможности для проблемного обучения открываются при выяснении природы явления. Покажем это на примере изучения явления самоиндукции в IX классе. Для проблемного изучения явления самоиндукции необходим «опорный» эксперимент, в котором бы явственно проступала основная особенность явления. Им может быть известный опыт с самоиндукцией при замыкании электрической цепи (рис. 6.1). Из опыта наглядно видна основная особенность явления: замедленное нарастание силы тока в ветви, содержащей катушку, при замыкании цепи. На первый взгляд учащимся кажется, что наблюдаемое явление противоречит закону Ома для участка цепи, поскольку они знают, что напряжение на ветвях параллельного соединения одинаково и одинаковыми были подобраны сопротивления ветвей (накал лампочек при помощи реостата устанавливался одинаковым). Возникает проблемная ситуация.

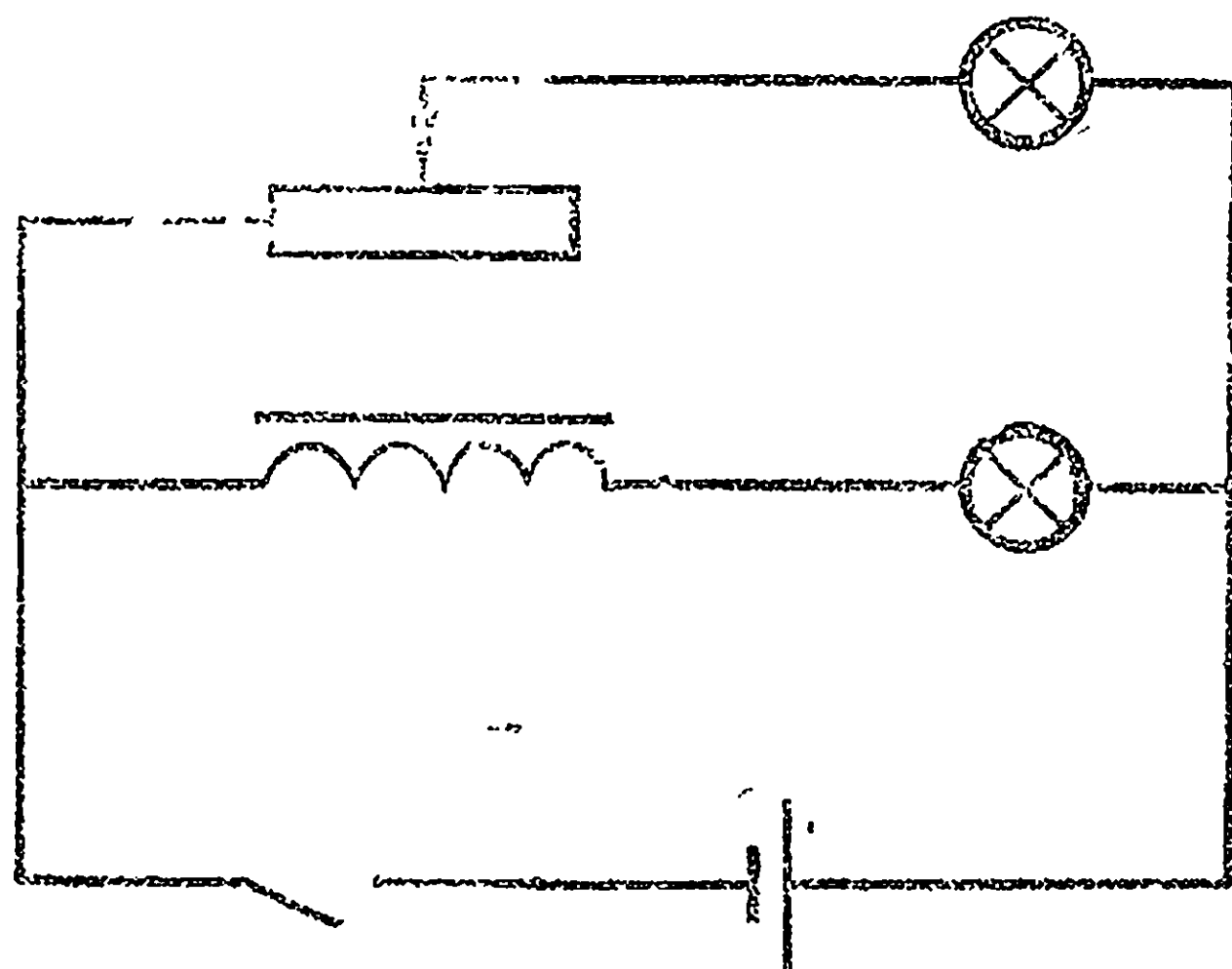


Рис. 6.1

Вот как проходило обсуждение возникшей ситуации в одном из классов. Учитель: «Поставим прежде всего перед собой такой вопрос: какая физическая причина могла вызвать задержку нарастания силы тока в ветви с катушкой?» Учащиеся отвечают, что так как ЭДС источника и активное сопротивление цепи не меняются, то такой причиной может быть только ЭДС индукции, возникающая на короткое время после замыкания цепи и имеющая знак, противоположный знаку ЭДС источника тока.

Учитель: «Вспомним общее условие возникновения ЭДС индукции в замкнутом контуре».

Учащиеся отвечают, что таким условием является изменение магнитного потока, пронизывающего контур.

Учитель: «Как же создается в нашем опыте изменяющийся магнитный поток?» Этот вопрос снова вызывает некоторое затруднение, так как учащиеся привыкли уже к тому, что магнитный поток, изменение которого вызывает ЭДС индукции, создается внешней по отношению к данной цепи причиной: магнитом или током, протекающим в другой цепи.

Учитель: «Вспомним, чем порождается любое магнитное поле». Ответ учащихся: «Электрическим током».

Учитель: «Каким же в данном случае?» Следует не очень уверенный ответ: «Вероятно, током, возникающим в самой цепи после ее замыкания». Учитель: «Хорошо. А как возникает ЭДС индукции?» Ответ: «После замыкания цепи ток не сразу достигает своего значения, поэтому в первое время магнитный поток, пронизывающий катушку, возрастает, и в ней появляется ЭДС индукции». После небольшой паузы: «По правилу Ленца ЭДС индукции имеет такой знак, чтобы препятствовать нарастанию тока. Поэтому лампочка загорается не сразу».

Учитель: «Это верно, но вы все время говорите: «Магнитный поток, пронизывающий катушку». А если катушку убрать, возникнет ли ЭДС индукции при замыкании цепи?» Первый ответ: «Мы видели, что в ветви с реостатом, где нет катушки, ЭДС индукции не возникает». Учитель выжидающе смотрит на класс. Вскоре дается правильный ответ: «Магнитный поток и без катушки будет пронизывать контур цепи и при этом изменяться. Значит, ЭДС индукции должна возникнуть». Учитель: «Почему же мы не видим запаздывания в загорании лампочки в ветви с реостатом?» Ответ: «Очевидно, здесь ЭДС индукции мала или она действует более короткое время, чем в ветви с катушкой». Учитель: «Объясните почему». С некоторой помощью учителя учащиеся находят ответ и на этот вопрос.

Так, постепенно в ходе поисковой беседы решается центральная проблема — выясняется природа явления самоиндукции.

Проблемное изучение физических законов. Физические законы, изучаемые в школе, по способу их установления можно разделить на следующие группы:

- 1. Законы, устанавливаемые экспериментально.
 - 2. Законы, устанавливаемые теоретически.
- При опытном установлении физических законов открываются две возможности для применения проблемного подхода.

а) Если устанавливается количественный закон, то проблемный подход чаще всего состоит в привлечении учащихся к поиску общей идеи экспериментального исследования и планированию его отдельных этапов. Например, перед изучением закона Бойля—Мариотта учитель может поставить перед учащимися общую проблему: предложить идею экспериментального исследования зависимости давления газа от его объема (при неизменной температуре и массе газа). Учащиеся довольно быстро приходят к идее установки, подобной изображенной на рисунке 6.2.

После этого уточняются отдельные детали, например: как сравнивать объемы газа в процессе выполнения исследования? (Выясняют, что это можно сделать путем сопоставления высоты столбов газа в цилиндре при помощи укрепленной вдоль стенки цилиндра шкалы.) Как добиться, чтобы температура газа при изменении его объема не менялась? (Выясняют, что для этого нужно изменять объем достаточно медленно.) В заключение обсуждают последовательность выполнения исследования и воспроизводят соответствующие опыты.

Конечно, учащимся необходимо разъяснить, что «опытное установление» законов в школьных условиях весьма приблизительно, что в действительности законы устанавливаются только на основе очень точно поставленных и многократно проверенных опытов.

б) Если закон, устанавливаемый на основе опыта, носит качественный характер, то вместо проблем, предусматривающих про-

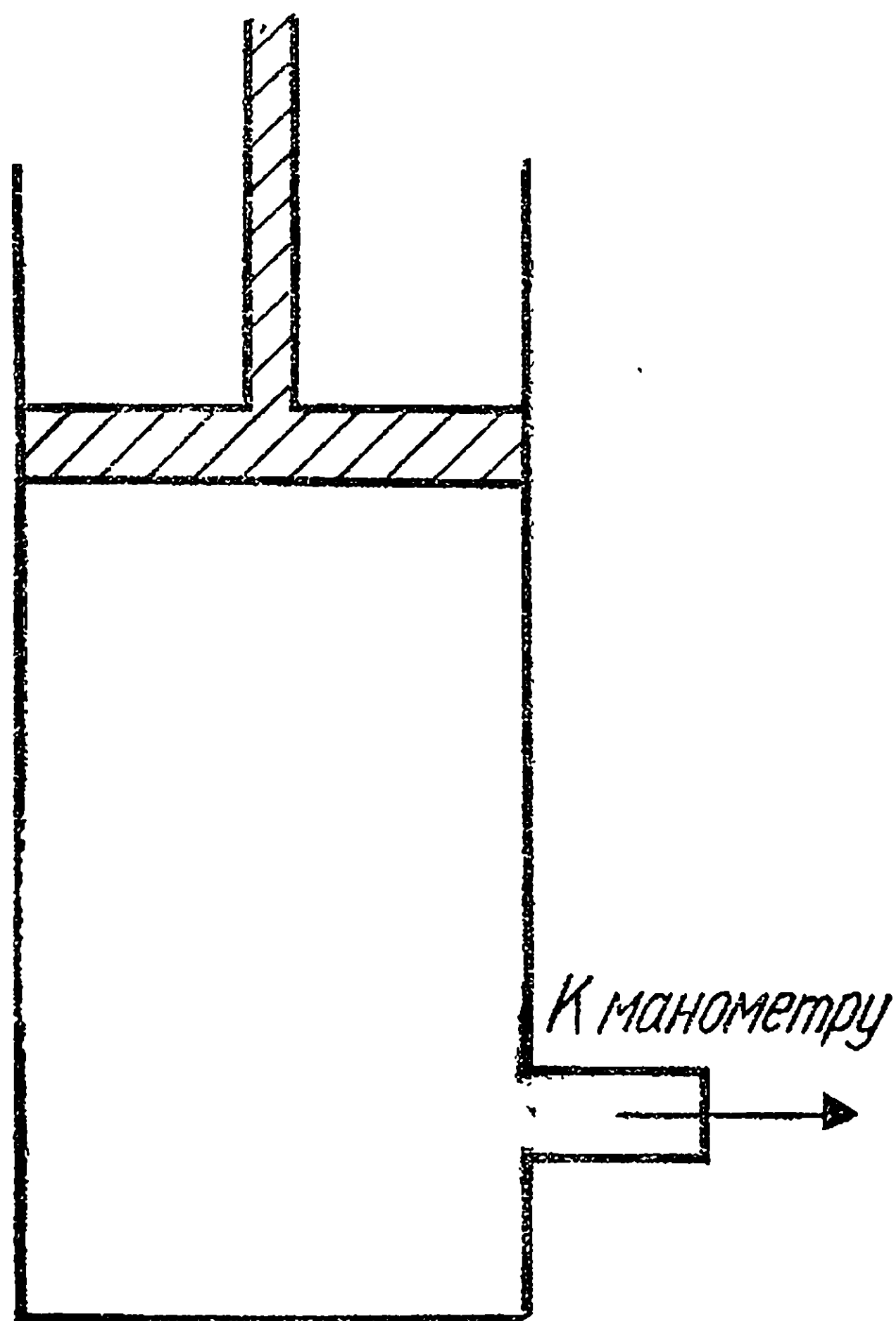


Рис. 6.2

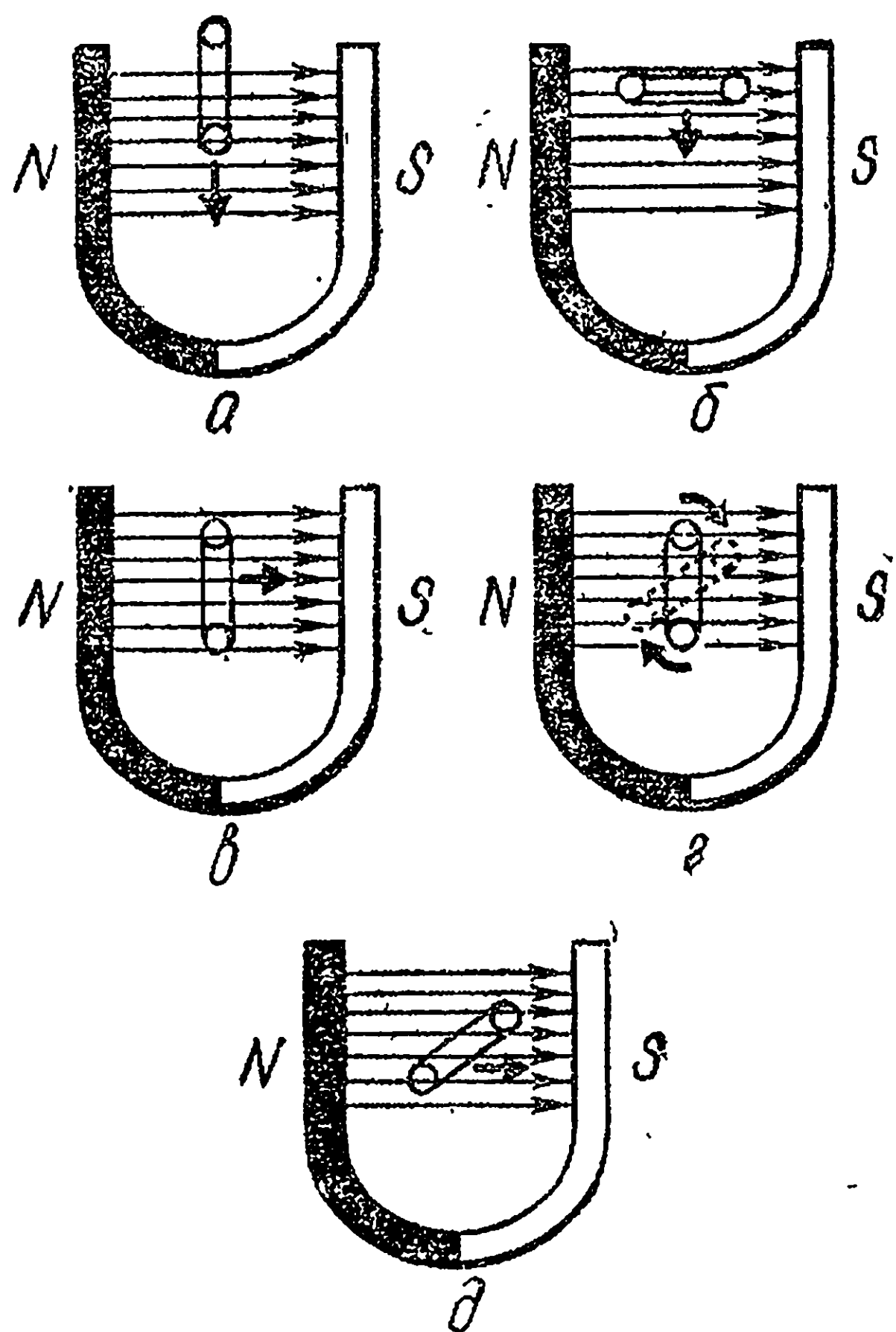


Рис. 6.3

ектирование эксперимента, часто оказывается целесообразным ставить проблемы, требующие от учащихся выявления общих, характерных особенностей и закономерностей в протекании физических явлений. В этом случае учитель демонстрирует последовательно несколько опытов, а перед учащимися ставит задачу выявить в этих опытах то общее, существенное, что характеризует демонстрируемое явление, т. е. установить закономерность в протекании явления. Например, учитель показывает серию опытов по электромагнитной индукции (рис. 6. 3; для опытов используется прямоугольная катушка, состоящая из 30—40 витков тонкого медного провода) и ставит задачу сформулировать общее условие возникновения ЭДС индукции в замкнутом контуре. Результаты опытов по мере их выполнения учитель зарисовывает на доске. Учащиеся видят, что при одних движениях катушки ток возникает, при других — нет.

Сопоставляя результаты, они формулируют условие возникновения ЭДС индукции в контуре (т. е. закон электромагнитной индукции) в качественной форме.

Закон может быть получен теоретически на основе математических действий или как следствие из теории посредством последовательного проведения логического рассуждения. Например, закон сохранения импульса выводится аналитически, а закон фотоэффекта — путем логического рассуждения, опирающегося на основ-

ные положения квантовой теории света. Ознакомившись с основными положениями квантовой теории света, учащиеся отвечают на такие вопросы: почему фотоэффект возникает, начиная лишь с определенной длины волны, а при больших длинах волн он не может возникнуть, какова бы ни была интенсивность света? Какая зависимость должна существовать между световым потоком и числом фотоэлектронов, вырывающихся с поверхности металла за единицу времени? Находя ответы на эти проблемные вопросы, учащиеся логическим путем приходят к законам фотоэффекта.

Проблемное изучение физических теорий. Развитие физических теорий всегда происходило на основе преодоления противоречий между сложившимися представлениями и новыми фактами, опытными данными, которые не укладывались в рамки этих представлений. Подведение учащихся к осознанию решающих проблем физики, привлечение их к размышлению над ними, вовлечение в поиск решения этих проблем представляют собой надежный путь глубокого уяснения учащимися экспериментальных оснований, на которых строилась новая теория, а отсюда — и ее основных положений. В этом случае, даже если решение поставленных проблем раскрывается затем самим учителем (проблемное изложение), появление новых идей оказывается до некоторой степени «пережитым» учащимися, а возникновение этих идей воспринимается ими как закономерный и неизбежный результат развития науки. Рассмотрим в качестве примера изучение квантовой теории света в X классе. Продемонстрировав с помощью электрической дуги явление внешнего фотоэффекта и выяснив, что оно состоит в вырывании светом электронов из металла, учитель предлагает учащимся объяснить фотоэффект с точки зрения волновой теории света. Приведем фрагмент такого урока.

Учитель вызывает к доске ученика, предлагает ему графически изобразить электромагнитную волну (рис. 6.4), а классу объяснить фотоэффект с точки зрения волновой теории света.

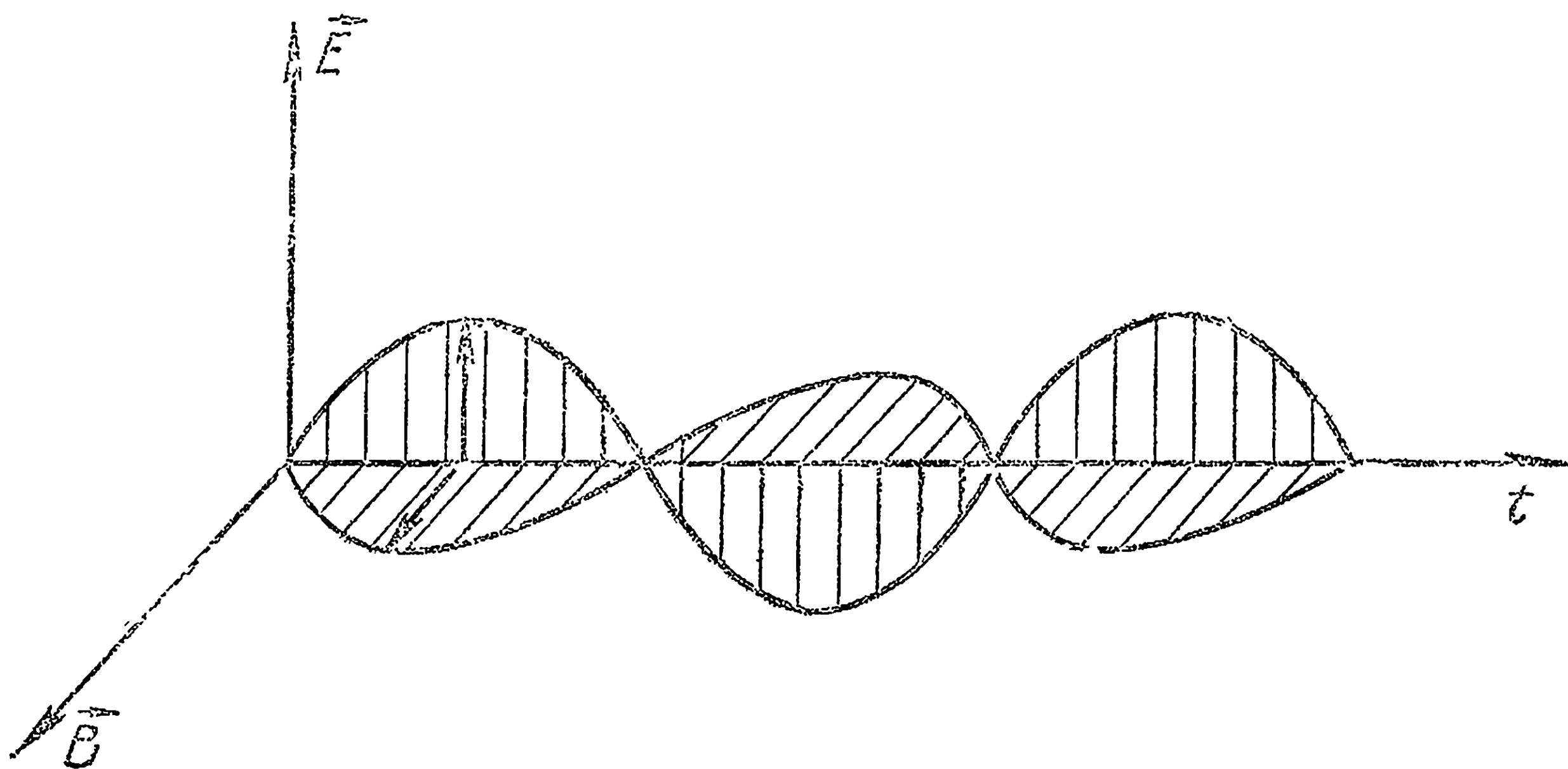


Рис. 6.4

Ученик: «Под действием электромагнитной волны электроны в металле начнут колебаться. Чем больше вектор \vec{E} , тем сильнее будут колебания, и если амплитуда колебаний станет достаточно большой, то электроны, очевидно, начнут вырываться из металла».

Учитель: «А действует ли на электрон какая-либо сила со стороны магнитного поля волны?»

Ответ с места: «Действует сила Лоренца». Учитель подтверждает этот ответ, но отмечает, что эта сила будет направлена внутрь металла и она много меньше силы, действующей со стороны электрического поля волны, поэтому ею можно пренебречь.

Учитель: «А теперь ответьте на такой вопрос: будет ли действующая на электрон сила зависеть от освещенности пластины?» После небольшого обсуждения дается ответ: «Освещенность пропорциональна квадрату амплитуды вектора \vec{E} , значит, чем больше освещенность, тем больше сила, действующая на электрон».

Учитель: «А теперь посмотрите, я буду освещать отрицательно заряженную пластину не дугой, а лампой накаливания». Включает лампу мощностью 60 Вт, расположенную на расстоянии 1 м от пластины. Фотоэффект не возникает. «Почему?» — спрашивает учитель. «Освещенность мала», — дружно заключают ученики.

Учитель включает лампу мощностью 500 Вт — фотоэффекта нет. Ученики предлагают придвинуть лампу к пластине. Учитель постепенно приближает лампу и, наконец, помещает ее вплотную к пластине. Фотоэффекта нет. В классе напряженная тишина. Данный момент — один из центральных, поэтому учитель не торопится. Ему важно, чтобы все ученики поняли суть возникшего затруднения. Он просит одного из них повторить еще раз, в чем заключается выявленное противоречие между выводами волновой теории и опытом. «Итак, — говорит он, — в противоречие с волновой теорией света сравнительно слабое освещение пластины дугой вызывает фотоэффект, а сильное освещение от лампы накаливания нет. В чем тут дело?» Так возникает новая проблема. Через некоторое время учащиеся начинают поднимать руки.

Ученик Н.: «Электрическая дуга выделяет вредное излучение, на нее не разрешается смотреть, а обычная лампа нет. Наверное, дело в этом».

Учитель: «Что это за «вредное излучение?»

Ученик Б: «Дуга дает ультрафиолетовое излучение. Лампа тоже, но меньше. К тому же стеклянный баллон лампы, как всякое стекло, сильно поглощает ультрафиолетовые лучи. Значит, фотоэффект вызывается ультрафиолетовыми лучами».

Учитель: «А можно проверить на опыте эту гипотезу?» Тут же следует предложение: поставить на пути лучей, идущих от дуги, стеклянную пластинку. Если фотоэффект прекратится, значит, он вызывается ультрафиолетовыми лучами. Ставится опыт, подтверждающий высказанное предположение. «А чем отличаются ультрафиолетовые лучи от видимых и инфракрасных?» — спрашивает учитель. Ответ: «Длина волны у ультрафиолетовых лучей меньше, а частота больше». Учитель отмечает, что у большинства металлов фотоэффект, действительно, вызывается только ультрафиолетовыми или еще более короткими лучами, и вводит понятие о красной границе фотоэффекта. Затем спрашивает: «Можно ли объяснить наличие красной границы с помощью волновой теории света?» Этот новый проблемный вопрос вызывает затруднение у учащихся. Не сразу и не без некоторой помощи учителя учащиеся все же дают правильный ответ, смысл которого сводится к тому, что благодаря инертности электрон должен слабее реагировать на более высокие частоты, т. е. амплитуда колебаний электрона при увеличении частоты должна уменьшаться (учащиеся приводят аналогию: «Подобно тому, как уменьшается амплитуда колебаний стрелки демонстрационного гальванометра с увеличением частоты при демонстрации вынужденных электрических колебаний»), т. е. и в этом случае волновая теория света вступает в противоречие с опытными данными.

На следующем уроке выясняют, что и безынерционность фотоэффекта нельзя объяснить с точки зрения волновой теории. Таким образом, почва для введения новой, квантовой, теории света оказывается хорошо подготовленной. Учитель знакомит учеников с ее основными положениями и предлагает им самим объяснить с помощью этой теории те явления, которые не смогла объяснить волновая теория света.

2. Проблемное обучение и самостоятельный эксперимент учащихся

Экспериментальные работы, поставленные в виде решения учащимися небольших экспериментальных проблем (выполняемых без описания), повышают их самостоятельность, позволяют учителю учитывать индивидуальные особенности учеников.

Поясним это на примере программной лабораторной работы «Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока», которая на проблемной основе проводилась в IX классе железнодорожной школы № 30 г. Кургана.

Перед началом работы на столах учеников уже были выставлены все необходимые приборы. Каждый комплект включал батарею из двух-трех последовательно соединенных сухих элементов, демонстрационный магазин сопротивлений на вертикальной панели, лабораторные амперметр, вольтметр и выключатель. На доске написано название работы и первое (основное) задание: «Определить внутреннее сопротивление батареи сухих элементов». Рядом с доской на большом листе бумаги крупным шрифтом написаны тексты еще двух (дополнительных) заданий:

1. Рассчитать, какой будет сила тока в цепи, если внешнее сопротивление равно R . Проверить полученное значение на опыте. Если результаты расчета и опыта не совпадут, указать возможные причины этого. (Значение сопротивления R каждому из учеников давалось разное и отличное от того, которое было выбрано им при выполнении основного задания.)

2. Придумать способ определения внутреннего сопротивления источника тока (r), если в вашем распоряжении имеются только амперметр и магазин сопротивлений. Определить внутреннее сопротивление. Совпадает ли это значение r с тем, что было получено при выполнении основного задания? Если нет, указать возможные причины этого.

Учитель напоминает ученикам, что оценка работы в значительной степени зависит от самостоятельности ее выполнения. После этого записывает на доске требования к оформлению отчета:

1. Составить письменный план выполнения работы.

2. Нарисовать схему электрической цепи.

3. Записать результаты измерений и вычислений.

«Тот, кто в течение пяти минут не сможет самостоятельно составить план выполнения основного задания,— говорит учитель,— должен поднять руку, я дам карточку, которая поможет выполнить это задание». У учителя имеется необходимый запас таких карточек. На каждой из них написано:

1. Записать формулу закона Ома для полной цепи.

2. Вспомнить, как на опыте определяется ЭДС источника.

3. Еще раз подумать, как определить r .

В дальнейшем помощь оказывалась устно, в индивидуальном порядке. Учащиеся успешно справились с работой.

Подобным образом проблемный характер можно придавать фронтальным опытам и работам физического практикума.

Элементы проблемности могут вводиться в экспериментальную работу учащихся в весьма различном объеме и на разных этапах ее выполнения в зависимости от характера работы, степени подготовленности учащихся, бюджета учебного времени и других обстоятельств. В некоторых случаях полезно ограничить проблемный подход только нахождением общей идеи выполнения экспериментального исследования. Так, например, нельзя поставить целиком в проблемном плане лабораторную работу «Определение электрохимического эквивалента меди» в IX классе, поскольку успех ее выполнения зависит от учета таких особенностей эксперимента, которые учащиеся не могут предвидеть. Однако для уяснения общей идеи исследования полезно перед выполнением работы предложить учащимся проблемное задание: «Придумать способ опытного определения электрохимического эквивалента металла, составить план выполнения исследования». Такое задание может быть дано на предыдущем уроке, за 10—15 мин до его окончания. В конце урока листки (или тетради) собираются, а в начале следующего урока — лабораторной работы — предложенные учащимися идеи решения коллективно обсуждаются (отбираются 2—3 работы). При этом обращается также внимание на обстоятельства, от которых зависит точность выполнения эксперимента. Практика показала, что такой прием позволяет добиться глубокого уяснения учащимися идеи эксперимента и конкретных особенностей его выполнения.

В заключение отметим, что применение проблемного эксперимента нецелесообразно, если идея исследования слишком сложна, чтобы ученики могли найти ее без значительной помощи учителя, а также если слабо усвоен материал, необходимый для самостоятельного выполнения работы.

3. Решение проблемных задач

Проблемные задачи — это задачи творческого характера, требующие от учащихся большой самостоятельности в суждениях, поиска не испытанных ранее путей решения. Проблемные задачи эффективны, если школьники уже приобрели необходимые навыки и умения в решении задач по готовому образцу и наступает этап, когда нужно сделать эти знания активными. Таким образом, проблемные задачи используются обычно на завершающем этапе закрепления пройденного материала и при повторении. Задачи проблемного характера можно применять в качестве домашних заданий и для решения в классе. В последнем случае особенно эффективными оказываются проблемные экспериментальные задачи, в особенности если они охватывают широкий круг вопросов по данной теме. Например, после изучения законов постоянного тока в IX классе на уроке, посвященном решению задач, учитель показы-

вает учащимся лампочку и говорит: «На цоколе лампочки написано $U = 6$ В, остальная надпись стерлась. Как определить мощность лампочки? В нашем распоряжении имеются выпрямитель, дающий напряжение 12 В и допускающий силу тока до 7 А, демонстрационный амперметр с шунтом на 1 А, демонстрационный вольтметр и три реостата со следующими данными (записывает на доске): $R_1 = 200$ Ом; $I_1 = 1$ А; $R_2 = 28$ Ом; $I_2 = 5$ А; $R_3 = 10$ Ом; $I_3 = 2$ А».

Сначала ученики должны найти принципиальное решение задачи. Здесь возможны два пути: 1) реостат включается последовательно с лампочкой; 2) реостат включается как потенциометр. Кроме того, учащиеся должны еще решить ряд частных проблем: 1) какой реостат или сочетание реостатов целесообразнее использовать? 2) Как измерить силу тока, если окажется, что при нормальном горении лампочки сила тока превышает 1 А (лампочка так и подбирается)?

Задача решается на основе расчета цепи, при этом захватывается целый комплекс основных вопросов темы, таких, как последовательное и параллельное соединение проводников, закон Ома для участка цепи, мощность постоянного тока.

4. Проблемное обучение при выполнении домашних заданий

Работа на уроке неизбежно ограничена во времени. Это часто не позволяет предложить учащимся достаточно сложные задания. Кроме того, не все виды проблемных заданий могут быть использованы на уроках. Например, задания на конструирование и изготовление приборов, постановку опытов, требующих длительного наблюдения или многократных проверок, и т. п. Поэтому домашняя работа проблемного характера не менее важна, чем работа, осуществляемая на уроке.

Основные виды проблемных домашних заданий. И с с л е д о в а т е л ь с к и е з а д а н и я. Их можно разделить на задания теоретического характера и экспериментально-исследовательские задания.

Задания теоретического характера. Роль таких заданий в развитии теоретического мышления учащихся трудно переоценить. Но пока еще в практике преподавания они используются недостаточно. Только в специализированных физико-математических школах им уделяется некоторое внимание. Приведем два примера такого рода заданий.

1. Исследовать, какая зависимость должна существовать между внутренним сопротивлением генератора и сопротивлением нагрузки, чтобы отдаваемая им мощность во внешнюю цепь была наибольшей. Чему равен КПД генератора в этом случае? ¹

¹ Турышев И. К. Решение задач по физике с исследованием.—Физика в школе, 1966, № 1.

2. Какого наименьшее возможное расстояние между предметом и его действительным изображением, создаваемым с помощью двояковыпуклой линзы? Сколько решений имеет задача? Когда задача не имеет решения?¹

Экспериментально-исследовательские задания. Такие задания предусматривают теоретическое объяснение или теоретическое предсказание результатов эксперимента. Поясним это примерами.

1. Нарисуйте на листе бумаги, приколотом к стене, яркую точку. Отойдите на некоторое расстояние и, прикрыв один глаз рукой, головкой спички, находящейся в вытянутой вперед руке, закройте точку. Это вам удастся сделать без труда. А теперь попробуйте вечером, когда на небе появятся звезды, закрыть таким же образом головкой спички одну из них, хотя бы самую маленькую. Как бы вы ни старались, на этот раз успеха не добьетесь. Почему?

Объяснение явления требует исследовательского подхода и должно учитывать два обстоятельства: 1) любая звезда удалена от нас настолько далеко, что попадающие от нее в глаз наблюдателя лучи можно считать параллельными, 2) зрачок глаза имеет конечные размеры, а вечером, в темноте, он к тому же заметно расширяется. Как видно из рисунка 6.5, при этих условиях головка спички не закрывает всех лучей, падающих от звезды к зрачку.

2. Будет ли действовать выталкивающая сила на тело, погруженное в жидкость, в состоянии невесомости? Ответ обоснуйте. Попробуйте придумать проверочный опыт.

Учащимся следует напомнить, что в состоянии невесомости находятся не только искусственные спутники Земли и находящиеся в них тела, но вообще все свободно падающие тела, даже у поверхности Земли. (Возможное решение. Погрузить в пробирку с водой ярко окрашенный поплавочек, утопив его пальцем, как показано на рисунке 6.6. Затем предоставить пробирке возможность свободно падать с некоторой высоты в подставленное внизу ведро с водой. Во время падения пробирки поплавок не всплывает. Это означает, что в состоянии невесомости выталкивающая сила со стороны жидкости на него не действует.)

Конструкторские задания. При выполнении таких заданий наряду с изготовлением конструкции важен теоретический поиск решения, который часто ведет к глубокому осмыслению нового или уточнению и закреплению пройденного. Так, например, при изучении мощности тока трудным для учащихся обычно является вопрос о зависимости потребляемой мощности от характера соединения проводников. Его осмыслению помогает работа над заданием: «Придумать конструкцию спирали электрического нагревателя, которая позволяла бы легко изменять его мощность в два раза».

¹ Турышев И. К. Решение задач по физике с исследованием. — Физика в школе, 1966, № 1.

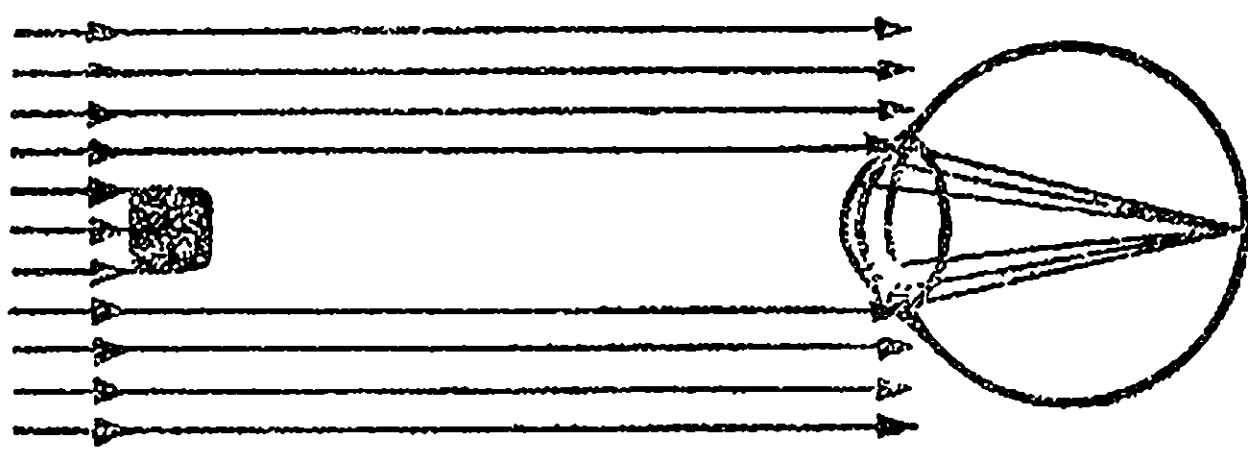


Рис. 6.5

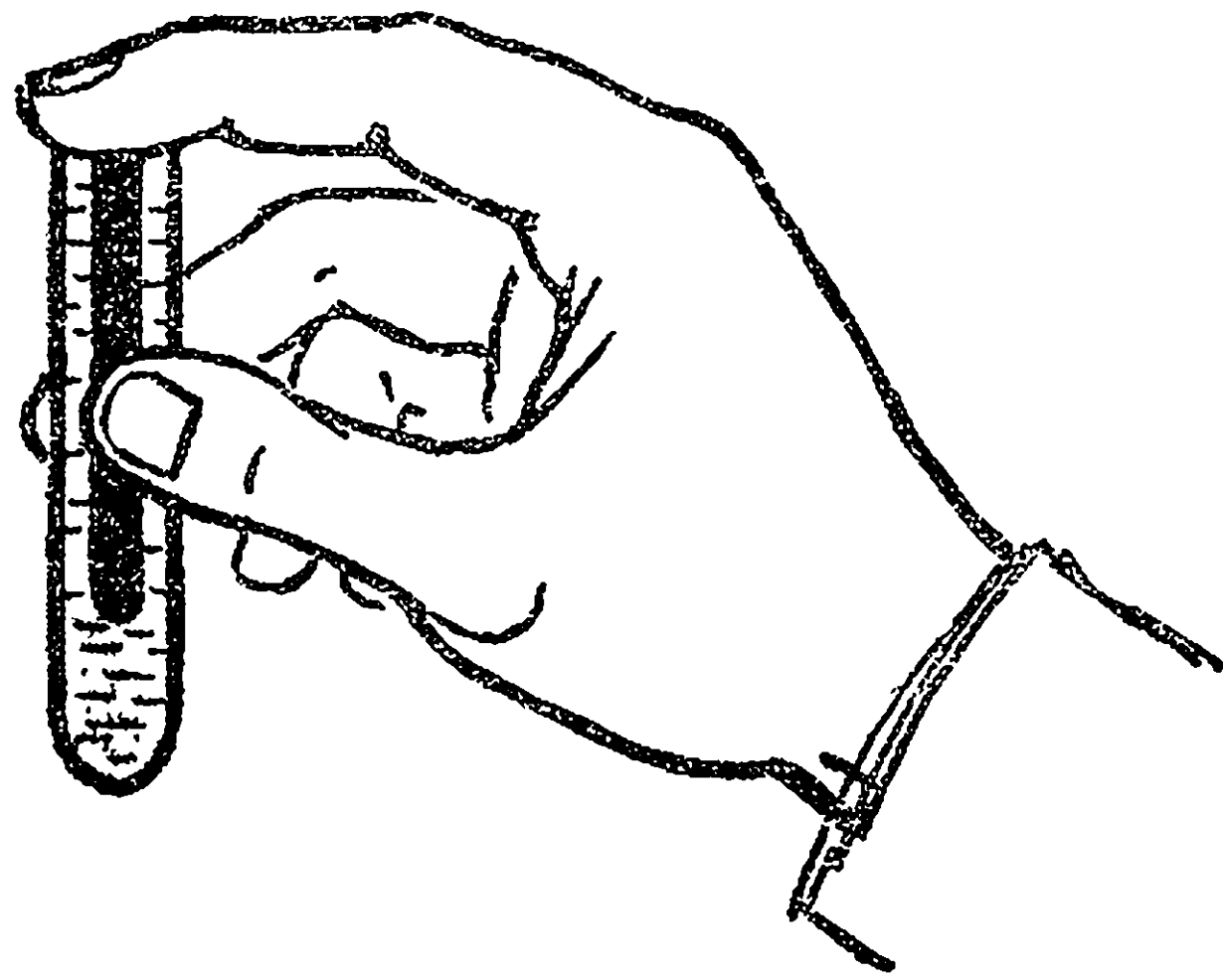


Рис. 6.6

Основная ценность этого задания — поиск идеи конструкции и анализ возможных вариантов решения.

Рационализаторские задания. Это могут быть задания на усовершенствование конструкций школьных физических приборов, технических и бытовых устройств, на видоизменение физических опытов и т. п. Обычный способ предъявления таких заданий состоит в следующем. Учитель показывает какой-либо прибор, опыт и т. д. и предлагает усовершенствовать его в каком-либо отношении. Например, внести изменения в конструкцию школьного демонстрационного амперметра с тем, чтобы можно было

плавно изменять предел измерений силы тока в интервале от 0,5 до 1 А. (Возможное решение. Использовать шунт с переменным сопротивлением типа ползункового реостата, градуировку произвести по эталонному амперметру.)

Задания на проектирование физических опытов. Подобные задания могут служить хорошим средством глубокого усвоения учащимися нового материала. Покажем это на примере. Известно, что закон отражения света, утверждающий, что лучи падающий и отраженный лежат в одной плоскости с перпендикуляром к отражающей поверхности в точке падения, учащиеся усваивают с большим трудом и часто просто формально заучивают. Причина не только в сложности его содержания, но также и в том, что опыт, подтверждающий этот закон, обычно не демонстрируется учителем, поскольку нет фабричного прибора, при помощи которого его можно было бы хорошо показать. Ученикам можно предложить придумать опыт, который позволил бы осуществить проверку этого закона. Смысл задания прежде всего в том, чтобы ученики хорошо продумали и поняли сущность закона, так как без этого приступить к выполнению задания невозможно. Одна из демонстраций (предложена учеником, рис. 6.7) позволяет очень наглядно показать, что при поворотах зеркала A вокруг вертикальной оси OO' падающий 2 и отражающий 3 лучи, перпендикулярные оси OO' , все время остаются в одной плоскости, параллельной экрану с отверстием 1, поскольку «зайчик» 4 движется по оси MN , перпендикулярной оси OO' . В этой плоскости, как легко понять, лежит и перпендикуляр, восстановленный к плоскости зеркала в точке падения 5.

ему, в чем ошибка или почему решение является неудачным, и предложить поработать дополнительно. Конечно, следует поощрять учащихся, ищущих нестандартные, оригинальные, наиболее эффективные решения.

При оценке проблемных домашних заданий учитывается не только правильность решения, но также его простота и оригинальность.

Коллективное обсуждение итогов и анализ результатов является важной частью работы учащихся над проблемными заданиями. Обычно для анализа отбираются самые оригинальные, интересные работы (3—4), в которых использованы принципиально различные идеи решения или различная методика выполнения. Обсуждению подвергаются также работы, содержащие поучительные ошибки. В некоторых случаях назначаются и «оппоненты» из числа учащихся, каждому из которых для критического анализа (также заранее) дана одна из отобранных работ. При этих условиях обсуждение получается более живым и интересным.

Очень важно организовать учащимся возможность выполнения некоторых заданий в физическом кабинете школы. Это значительно расширяет тематику проблемных заданий, позволяет повысить роль и удельный вес заданий количественного характера.

ГЛАВА 7

ФОРМЫ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ФИЗИКЕ В VIII—X КЛАССАХ

Успешность изучения учащимися программного материала, а также развивающая и воспитывающая функции обучения зависят не только от применяемых учителем методов и приемов обучения, но и от форм организации учебного процесса. Учебный процесс в современной школе представляет собой диалектическое единство содержания, методов и организационных форм обучения. Вместе с тем все эти компоненты учебного процесса определяются целями и задачами обучения, которые выдвигаются обществом перед школой на каждом историческом этапе его развития. Чтобы обеспечить успешность обучения, учителю физики, как и учителю любого другого предмета, необходимо знать особенности различных форм обучения и владеть методикой их проведения.

1. Основные формы учебных занятий по физике в старших классах

Разнообразие задач, которые поставлены перед советской школой в условиях развитого социализма и научно-технической революции, требует применения разнообразных форм обучения, благодаря ко-

торым более успешно осуществлялось бы формирование у учащихся умений самостоятельно приобретать знания, высказывать свои суждения, развивать критичность мышления и творческие способности. Все это обусловило введение различных форм классно-урочной системы. При этом основной формой занятий продолжает оставаться урок, на котором учитель излагает определенные сведения по предмету, проверяет знания, умения и навыки учащихся, организует их самостоятельную работу и т. д. Именно эту традиционную форму занятий мы в дальнейшем для краткости называем уроком.

В старших классах уроки имеют свои специфические черты. Объяснение материала в ряде случаев приобретает форму, близкую к лекционной, возрастает «удельный вес» словесных методов изложения и особенно объяснения, включающего строгие логические доказательства, выводы, использование теорий для объяснения или предсказания явлений. Здесь усиливается внимание к дедуктивным методам умозаключений, для чего создаются необходимые условия: учащиеся приобретают необходимый запас теоретических знаний и умений выполнять необходимые логические мыслительные операции (анализ, синтез, сравнение, сопоставление, абстрагирование и суждения).

На уроках физики в старших классах усиливается внимание к решению задач, требующих основательных знаний по математике и развитого логического мышления. В свою очередь решение таких задач способствует дальнейшему развитию мышления, выработке умения применять знания на практике в более сложной ситуации по сравнению с тем, что требовалось в курсе физики VI—VII классов. Особенно большое внимание в старших классах должно быть уделено формированию обобщенных познавательных умений и умения применять знания на практике.

Наряду с этой формой занятий применяются также семинары, конференции, лекции, лабораторные занятия, экскурсии.

На уроках, лекциях, семинарах, конференциях ставится прежде всего задача сообщения учащимся новых знаний. На лабораторных занятиях одновременно ставится также другая основная задача, которая заключается в выработке умений применять знания на практике, умений и навыков обращения с приборами (см. гл. 8).

Организационные формы учебных занятий отличаются следующими признаками: 1) составом учащихся, 2) местом и временем проведения занятий, 3) совокупностью и последовательностью видов учебной деятельности учащихся, 4) способами руководства ими со стороны учителя, 5) методами контроля со стороны учителя за работой учащихся (см. табл. 7.1).

В таблице указаны особенности деятельности учителя и учащихся на занятиях каждого вида.

Таблица 7.1

Формы учебных занятий	Место их проведения	Состав учащихся	Время проведения	Основные способы управления познавательной деятельностью учащихся	Основные виды учебной деятельности учащихся	Основные методы контроля за знаниями и умениями
1	2	3	4	5	6	7
Урок	Физический кабинет (класс-аудитория)	Весь класс	По обычному расписанию	Беседа, рассказ, объяснение, лекция, ин-структирование; выдви-жение перед учащимися проблем; привлечение учащихся к поискам способов решения вы-двинутых проблем; по-каз приемов познава-тельной и практической деятельности; выдвиже-ние учебных задач, организация их выпол-нения	Слушание учителя и ответов товарищей. от-веты на вопросы учи-теля; выполнение за-писей в тетрадях; на-блюдения, фронтальный эксперимент; работа с учебником, поиски от-ветов на вопросы учи-теля; поиск способов решения выдвинутых учителем проблем; ре-шение задач; анализ результатов своей ра-боты (самоконтроль)	Фронтальный опрос, индивидуальный опрос; контрольные письмен-ные работы; физичес-кие диктанты, програм-мированный контроль; наблюдение за работой учащихся с книгой, при выполнении ими наблюдений и опытов
Учеб-ная кон-ферен-ция	Физический кабинет (класс-аудитория)	Весь класс	По тема-тическому плану в ча-сы, преду-смотренные расписани-ем	Консультация при подготовке докладов; прослушивание докла-дов и их оценка, по-становка перед учащи-мися всего класса воп-росов с целью проверки усвоения основных по-ложений доклада; ру-ководство записью уча-щихся по ходу про-слушивания докладов; обобщение	Работа с литерату-рой, написание плана или текста доклада, выступление с докла-дом, участие в обсуж-дении прослушанных докладов (дополнения, рецензирование, поста-новка вопросов доклад-чикам)	Анализ и оценка до-кладов, оценка за уча-стие в обсуждении до-кладов

1	2	3	4	5	6	7
Учеб- ный се- минар	Физиче- ский каби- нет (класс- аудитория)	Весь класс	По тема- тическому плану в ча- сы, преду- смотрен- ные распи- санием	Консультации перед проведением семинара: а) по методам работы с литературой, б) по содержанию и струк- туре доклада или ре- ферата. Обобщение, подведе- ние итогов семинара	Работа с учебной и дополнительной лите- ратурой, написание ре- фератов, тезисов вы- ступлений, составление плана выступления; выступления с докла- дом, рефератом; учас- тие в обсуждении воп- росов, вынесенных на семинар; составление библиографии по теме выступления	Оценка выступлений с докладами, реферата- ми; оценка ответов на общие вопросы; оценка за участие в дискуссии
Лек- ция	Физиче- ская ауди- тория вуза или акто- вый зал школы	Парал- лельные классы	По тема- тическому плану, в часы по расписанию	Лекция. включаю- щая объяснение, выво- ды, доказательства, де- монстрационный экспе- римент; выдвижение проблем. побуждение учащихся к активному прослеживанию за спо- собами их решения в истории развития науки; побуждение учащихся к прослежи-	Прослушивание объ- яснения учителя, кон- спектирование основ- ных положений лек- ции; прослеживание за логикой развития на- учных идей и откры- тий; ответы на отдель- ные вопросы лектора	Наблюдение за ра- ботой учащихся (как слушают. как конспек- тируют); опрос на пос- ледующем уроке; по- становка вопросов по ходу лекции и анализ ответов на них

1	2	3	4	5	6	7
Фронтальные лабораторные занятия	Класс-лаборатория	Весь класс	По тематическому плану, в часы по расписанию	<p>ванию логики развития научных идей</p> <p>Инструктирование учащихся: а) разъяснение задач и приемов выполнения работы, выполнения требований б) разъяснение требований к выполнению работы и оформлению отчета; организация обсуждения плана выполнения работы; наблюдение за работой учащихся и внесение в нее корректив, если в этом возникает необходимость</p>	<p>Слушание инструктажа, участие в обсуждении плана выполнения работы; самостоятельные поиски способов выполнения работы; выполнение наблюдений и опытов, обработка результатов измерений, анализ результатов опытов и наблюдений, формулировка выводов; написание отчета</p>	<p>Наблюдение за работой учащихся; проверка их отчетов, оценка результатов работы; собеседование по итогам работы на последующем уроке</p>
Физический практический	Специально оборудованное помещение	Половина класса (подгруппа)	Специальное время по особому расписанию	<p>Инструктирование:</p> <p>а) разъяснение задач практикума, правил обращения с приборами, требований техники безопасности, б) формирования</p>	<p>Работа с инструкцией; поиски способов выполнения заданий; самостоятельное выполнение экспериментов, обработка и анализ</p>	<p>Проверка готовности учащихся к выполнению работы; собеседование по ходу выполнения работы; проверка отчетов учащихся</p>

1	2	3	4	5	6	7
Учебные экскурсии	Промышленные и сельскохозяйственные предприятия	Подгруппа	По специальному расписанию	Инструкции о заданиях, выданные в процессе проведения экскурсий; выдача заданий и индивидуальное задание; показ и объяснение объектов	Анализ результатов изменения, формулирование выводов, написание отчета Слушание инструктажа; выслушивание объяснений экскурсовода; выполнение записей и зарисовок наблюдаемых объектов; выполнение индивидуальных заданий; написание отчетов	Проверка отчетов, собеседование по теме экскурсии
Факкультурные занятия	Специальное помещение	Группа, подобранная по интересам	По специальному расписанию	Беседа, рассказ, объяснение, лекция; выдача индивидуальных заданий; выдвижение перед учащимися учебных проблем. привлечение к их решению	Слушание, участие в решении выдвигаемых преподавателем проблем; работа с учебной и дополнительной литературой; подготовка докладов и рефератов	Все виды контроля, применяемые на уроках и семинарах

2. Особенности методики проведения различных форм учебных занятий

Для урока характерно следующее: усвоение учебного материала учащимися происходит в основном на уроке; изложение материала учителем сочетается с различными видами самостоятельной работы учащихся на самом уроке; здесь же осуществляется контроль за усвоением материала самыми различными способами.

Для учебных конференций характерным является то, что знания учащиеся приобретают на основе самостоятельной работы с учебной и научно-популярной литературой и из докладов своих товарищей. Значение конференций состоит в том, что они способствуют выработке у учеников умения самостоятельно работать с научно-популярной литературой; школьники учатся обобщать, анализировать, готовить выступления, самостоятельно отделять главное от второстепенного. Конференции играют важную роль в формировании у учеников интереса к чтению научно-популярной литературы по физике и через нее — интереса к предмету и науке физике.

Учебные семинары проводятся только в старших классах. Они предусмотрены Уставом общеобразовательной школы.

Проведение семинаров требует от учащихся высокого уровня самостоятельности в работе с литературой (умения работать с несколькими источниками, осуществлять сравнительный анализ освещения одних и тех же вопросов в различных источниках, составлять планы, конспекты, рефераты, обобщать и делать выводы). Основными источниками знаний для учащихся при проведении семинаров являются учебная и дополнительная литература, доклады и сообщения учащихся, выводы и обобщения, к которым они приходят в результате обсуждения и дискуссий.

Лекция как форма учебных занятий имеет целью подготовку учащихся к слушанию лекций в вузе и к систематическому самообразованию после окончания школы. На школьной лекции должно быть уделено большое внимание вопросам формирования у учащихся умения записывать по ходу лекции главное, существенное, сочетать прослушивание с записью. Важно также обучать учащихся умению работать с текстом лекции самостоятельно, дополнять его данными из периодической печати и научно-популярной литературы.

Программой по физике предусмотрены две обобщающие лекции в конце учебного года: «Физика и научно-техническая революция» и «Современная научная картина мира». Однако опытные учителя выделяют время для чтения лекций и в других частях курса. Например, многие учителя читают такие обобщающие лекции: «Развитие представлений о природе света», «Успехи и перспективы развития ядерной энергетики в СССР».

Лекция позволяет изложить широкий круг вопросов, объединенных общей идеей, в сжатый отрезок времени, строго, логично,

доказательно, познакомить учащихся с логикой развития идей, понятий, теорий и в этом плане играет исключительно большую роль в развитии научного мышления учащихся, в формировании диалектико-материалистического мировоззрения.

В учебных экскурсиях главным является самостоятельное проведение учащимися наблюдений за применением изучаемых явлений и законов в промышленности и сельскохозяйственном производстве, за проявлением их в природе. Экскурсии играют важную роль в углублении знаний учащихся по отдельным разделам курса и в их профессиональной ориентации.

Факультативные занятия как новая форма учебно-воспитательного процесса в школе проводятся в соответствии с постановлением ЦК КПСС и Совета Министров СССР от 10 ноября 1966 г. за № 874 «О мерах дальнейшего улучшения работы средней общеобразовательной школы». Они имеют целью углубление общеобразовательных знаний, трудовой политехнической подготовки, а также развитие разносторонних интересов и способностей учащихся VII—X классов.

По всем факультативным курсам в настоящее время изданы пособия для учащихся [11, 5; 6; 7] и методические рекомендации для учителей.

При проведении факультативных занятий рекомендуется применять различные формы и методы обучения, различные виды учебной деятельности учащихся, в том числе лекции, семинары, практикумы, лабораторные занятия, экскурсии. В связи с проведением семинаров целесообразна подготовка самими учащимися докладов, рефератов, а также самостоятельный анализ литературы, а иногда и самостоятельный подбор ее.

Факультативные занятия не должны подменять дополнительные занятия или сводиться к патаскиванию учащихся на решении сложных задач. Каждый факультативный курс по физике имеет целью дать учащимся более глубокие знания по соответствующему разделу, познакомить с историей развития данного раздела физики, с развитием основных идей, теорий, научить учащихся творчески применять знания в решении разнообразных задач, вызвать у них интерес к физике как науке. Это может быть достигнуто на основе строгого в научном отношении изложения материала учителем, хорошо продуманной системы самостоятельных работ учащихся, включающей работы теоретического, практического и экспериментального характера.

Если занятия по факультативу будут однообразны, если учитель не сможет найти интересные формы подачи материала, у учеников быстро пропадет к ним интерес. Но это ни в коей мере не означает, что курс может носить развлекательно-увеселительный характер. Наоборот, он должен предполагать серьезную, вдумчивую работу учащихся над материалом, самостоятельные поиски учащимися способов решения выдвигаемых перед ними учителем учебных проблем. Это особенно важно потому, что оценка за факультатив в свидетель-

стве о восьмилетней школе и в аттестате о среднем образовании не проставляется, — указывается лишь название прослушанного курса. Это важно также и потому, что занятия по факультативу проводятся до или после уроков и требуют от учеников дополнительных умственных и физических усилий. Только увлеченность учащихся предметом, их глубокая заинтересованность в знаниях и умениях, которые они надеются приобрести на занятиях этого вида, обеспечат положительное отношение к факультативному курсу.

Г Л А В А 8

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО ФИЗИКЕ В VIII — X КЛАССАХ

1. Цели и задачи лабораторных занятий

В объяснительной записке к программе по физике для средней школы говорится, что «физика должна изучаться как экспериментальная наука», и поэтому «значительная часть учебного времени отводится эксперименту»¹. Такой подход к изучению физики соответствует специфике данной науки. «Физик или наблюдает процессы природы там, где они проявляются в наиболее отчетливой форме и наименее затемняются нарушающими их явлениями, или же, если это возможно, производит эксперимент при условиях, обеспечивающих ход процесса в чистом виде»², — писал К. Маркс.

Основные виды учебного физического эксперимента — демонстрационные и лабораторные опыты и наблюдения. Важнейшие положения методики и техники демонстрационного физического эксперимента, который выполняется в основном учителем, являются общими как для VI—VII, так и для VIII—X классов. Они достаточно подробно изложены в «Методике преподавания физики в 6—7 классах средней школы» [II, 53, гл. 6], к которой и отсылается читатель. Лабораторные опыты и наблюдения выполняются учащимися обычно в физической лаборатории (физическом кабинете).

Лабораторные занятия позволяют решить следующие задачи: учат применять знания на практике; служат средством политехнического обучения; формируют необходимые в жизни и труде практические навыки и умения; содействуют профориентации учащихся; вырабатывают такие качества личности, как трудолюбие, настойчивость, целеустремленность и др.

Лабораторные работы классифицируют по разным признакам: 1) по содержанию; 2) по методам выполнения и обработки результа-

¹ Программы восьмилетней и средней школы. Физика. Астрономия. М., 1979, с. 1.

² Маркс К. Капитал. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 23, с. 6.

тов (наблюдения, качественные опыты, измерительные работы, количественные исследования функциональной зависимости величин); 3) по степени самостоятельности учащихся (проверочные, эвристические, творческие); 4) по дидактической цели (изучение нового, повторение, закрепление, формирование практических умений и навыков, развитие умений и навыков исследовательского характера); 5) по месту в учебном процессе (предваряющие, иллюстративные, итоговые и т. д.); 6) по месту проведения (классные, домашние, в заводских лабораториях); 7) по способу организации (фронтальные, физический практикум); 8) по времени выполнения (кратковременные фронтальные опыты, часовые фронтальные лабораторные работы, физический практикум с двухчасовыми работами).

Основными видами лабораторных занятий считаются фронтальные лабораторные работы и физические практикумы. Отнесение многих работ по их тематике к фронтальным или работам практикума весьма условно. Это зависит от оборудования кабинета, конкретных задач, поставленных учителем для каждой работы, и т. д. Так, например, многие работы практикума, такие, как определение ускорения при свободном падении, наблюдение спектров при помощи спектроскопа прямого зрения, определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки и др. с равным, если не большим, успехом при наличии соответствующего недорогого оборудования могут быть поставлены как фронтальные. Вместе с тем при отсутствии достаточного числа комплектов оборудования для ведения работ на один фронт прибегают к одновременной постановке нескольких фронтальных работ. Такая смешанная организация имеет место и в физическом практикуме.

Общие вопросы методики проведения лабораторных работ в средней школе рассмотрены в пособии [II, 53, с. 103—111] и специальных руководствах [II, 46; 50; 55; 60]. Поэтому мы остановимся только на некоторых специфических для VIII—X классов сторонах лабораторного эксперимента.

2. Содержание лабораторных занятий и их место в учебной программе

Количество лабораторных работ в VIII—X классах, доля учебного времени, отведенного на них, а также распределение работ по их содержанию показаны в таблице 8.1.

Как видно из таблицы, для одночасовых занятий следует отобрать 46 работ из рекомендованных в программе 58 работ практикума.

За последние 30 лет в советской школе имеет место постоянная тенденция увеличения времени, отводимого на лабораторные занятия. И сейчас в программе по физике (1979 г.) указывается, что «желательно расширить число фронтальных лабораторных работ».

Таблица 8.1

Класс	VIII	IX	X	Есего
Фронтальные работы	5	8	10	23
Работы практикума	10	16	20	46
Доля в общем учебном времени, %	14	17	17	16,4
Качественные работы по наблюдению физических явлений ¹	0/0	2/1	5/2	7/3
Работы по изучению измерительных приборов и измерению физических величин	0/0	0/4	0/1	0/5
Установление количественных соотношений между физическими величинами (проверка физических законов)	3/13	2/4	1/5	6/22
Определение физических констант	2/4	4/9	3/6	9/19
Изучение физических и технических приборов и установок	0/0	0/1	1/8	1/9

¹ Числа в числителе в этой строке и ниже относятся к фронтальным работам, а в знаменателе — к работам практикума. При этом предполагается, что фронтальные лабораторные работы и работы практикума одночасовые.

Какое же максимальное время может быть выделено на их проведение? Ориентировочный ответ на этот вопрос может быть получен на основе анализа опыта преподавания физики в средних учебных заведениях и вузах. Из таблицы 8.2 следует, что в школе на лабораторные занятия затрачивается примерно шестая часть учебного времени.

В вузах на лабораторные занятия по общей физике отводится около 35—40% учебного времени, т. е. вдвое больше, чем в IX—X классах средней школы. Поэтому можно ориентировочно принять, что выделение на лабораторные работы по физике примерно трети учебного времени следует считать верхним пределом.

Из таблиц 8.1 и 8.2 также следует, что в целом доля учебного времени на лабораторные занятия в старших классах (VIII—X) несколько увеличивается по сравнению с младшими (VI—VII) классами. Изменяется и характер лабораторных работ. В VI—VII классах это фронтальные лабораторные работы и многочисленные, но кратковременные фронтальные опыты, а в VIII—X классах увеличение времени на лабораторные занятия происходит главным образом за счет более сложных и длительных работ физических практикумов. Эта специфика должна учитываться учителем, особенно в плане формирования у учащихся навыков самостоятельной работы, подготовки их к дальнейшей учебе в специальных учебных заведениях и к труду.

Около 35% всех лабораторных работ в VIII—X классах (см. табл.

Т а б л и ц а 8.2

Классы	VI	VII	VIII	IX	X
Доля учебного времени, %	10	20	14	17	17

8.1) посвящается изучению или проверке физических законов. Примером являются следующие работы: изучение второго закона Ньютона; проверка закона сохранения импульса при упругом столкновении и др.

В соответствии с одним из основных назначений лабораторных работ — служить источником знаний о физических закономерностях — работам данного типа следует уделять особое внимание. При этом в VIII—X классах желательна постановка классических экспериментов, сыгравших ведущую роль в истории физики. Отдельные работы такого содержания включены в программу, например работа по наблюдению треков частиц в камере Вильсона.

С работами по изучению физических закономерностей связаны работы по определению физических констант. Работы такого типа также составляют 35% всех лабораторных работ и являются наиболее традиционными в курсах элементарной физики (определение коэффициента трения, поверхностного натяжения жидкости, удельного сопротивления проводника и т. д.).

II в данном случае особый интерес представляют работы, связанные с фундаментальными классическими опытами по определению важнейших физических констант. К сожалению, таких работ недостаточно (определение заряда иона водорода — IX класс; определение скорости распространения звука в воздухе — X класс). Поэтому желательно расширить круг указанных работ, включив в их число, например, следующие: измерение элементарного заряда на основе модификации опыта Иоффе — Милликена; определение отношения заряда электрона к его массе; определение постоянной Планка; определение скорости света.

Наконец, надо обратить внимание на то, что в VIII—X классах мало работ политехнического характера по изучению технических приборов и установок, которые важны не только для углубления знаний по физике, но и для подготовки учащихся к жизни и труду, для их профориентации. В лабораторных работах, особенно работах практикума, должно быть учтено производственное окружение школы. Так, ярко выраженную специфику имеет производственное окружение сельских школ. В связи с этим в сельских школах могут быть поставлены, например, следующие работы практикума: 1) сборка и испытание динамомашин автомобиля; 2) зарядка аккумулятора; 3) определение зависимости мощности на валу электродвигателя от числа оборотов; 4) изучение работы прерывателя индукционной катушки.

Некоторые из этих работ можно поставить в мастерских колхоза или объединения «Сельхозтехники»¹.

В городских школах, где производственная практика проводится на промышленных предприятиях, могут быть поставлены практические работы в заводских лабораториях². Эти работы знакомят учащихся с физическими основами некоторых технологических процессов, физическими свойствами и характеристиками применяющихся на производстве материалов, дают учащимся представление о профессиях и т. д.

Таковыми работами, например, могут быть следующие: 1) изучение процесса гальваностегии; 2) снятие кривой растяжения стали; 3) определение предела прочности; 4) наблюдение микроструктуры конструкционной стали через металломикроскоп и измерение глубины цементации стальных деталей; 5) изучение зависимости глубины цементации от температуры термической печи и времени выдержки в ней.

Наконец, следует отметить особое значение лабораторных работ по изучению устройства и правил использования измерительных приборов.

В VIII классе желательно поставить работу по изучению различных типов равноплечих, неравноплечих и десятичных весов. В IX—X классах дополнительно желательно поставить работы по изучению жидкостных, металлических и электрических термометров и термографов; манометров, барометров, барографов; гигрометров и гигрографов; гальванометров, амперметров, вольтметров, омметров, ваттметров, электрических счетчиков; люксметров.

Тематика фронтальных работ и работ практикумов указана в программе, их краткие описания для учащихся имеются в учебниках, а для учителя в учебных и методических пособиях [II, 46; 50; 55; 60]. Имеются такие пособия и для учащихся.

3. Активизация деятельности учащихся на лабораторных занятиях

Одним из самых важных и всегда актуальных вопросов методики организации и проведения лабораторных занятий является активизация познавательной деятельности учащихся и в этой связи определение характера лабораторных работ.

В практике работы большинства школ почти все фронтальные лабораторные работы проводятся после изучения соответствующего теоретического материала «для его закрепления», т. е. как иллюстративные. Элемент новизны, фактор субъективного «открытия» сведен для учащихся до минимума.

¹ См.: Кочуров Ф. И. Лабораторные занятия по физике в сельской школе.— Физика в школе, 1966, № 3.

² См.: Котомина М. Г., Усова А. В. Практические работы по физике в заводских лабораториях.— Физика в школе, 1963, № 3.

В еще большей мере это относится к работам практикума, многие из которых, кроме того, в значительной мере повторяют фронтальные работы. Так, например, в VIII классе программой предусмотрена фронтальная лабораторная работа по определению ускорения тела при равноускоренном движении и затем рекомендуются следующие работы практикума: 1) изучение законов кинематики; 2) определение ускорения при свободном падении методом записи на падающем теле или с помощью вращающегося диска; 3) определение ускорения при свободном падении с помощью линейки-маятника.

В X классе предусматривается фронтальная работа по определению ускорения свободного падения при помощи маятника, а также проведение демонстраций, которые предваряют аналогичный лабораторный эксперимент.

Учено, что при иллюстративной постановке всех указанных работ познавательный интерес учащихся будет понижен.

Лабораторные работы могут предварять изучение нового материала. В таких случаях они должны давать необходимые представления об изучаемом предмете или явлении, вооружать учащихся опытными фактами, которые требуют последующего теоретического осмысления. Примером могут служить следующие работы: 1) наблюдение взаимодействия магнита и тока; 2) сравнение периодов колебаний различных маятников; 3) наблюдение явления разложения света при помощи призмы; 4) наблюдение различных спектров с помощью спектроскопа прямого зрения.

Одно из назначений лабораторных работ, предваряющих изучение нового материала, — дать учащимся возможность увидеть своими глазами нечто необычное в физических явлениях, помочь им самим выдвинуть проблему.

В упомянутой работе с маятниками это факт изохронности их колебаний, в работе по наблюдению спектров — необычные для учащихся линейчатые спектры газов и т. д.

В работах исследовательского характера не только ставится проблема, но и находится ее решение. К таким работам прежде всего следует отнести работы на установление эмпирических зависимостей между физическими величинами. Например, установление учащимися на опыте пропорциональности модулей силы трения $\vec{F}_{\text{тр}}$ и нормального давления $\vec{F}_{\text{н}}$ имеет значительно большее познавательное и воспитательное значение, чем предусмотренное программой определение коэффициента трения μ по готовой формуле $|\vec{F}_{\text{тр}}| = \mu |\vec{F}_{\text{н}}|$. Аналогичное замечание можно сделать и относительно работы «Определение электрохимического эквивалента k меди» на основе закона Фарадея для электролиза: $m = kIt$.

Исследовательские, творческие работы обязательно должны содержать элементы новизны. Они не могут быть выполнены по готовым рецептам или с помощью простой аналогии с ранее известными типовыми решениями.

Выполнение каждой лабораторной работы, в том числе и творческой, начинается с постановки задачи. Она обычно формулируется с помощью учителя, который должен умело привлекать к ее постановке, обсуждению и уточнению самих учащихся, создавая проблемную ситуацию.

Следующий этап — выдвижение гипотезы, попытка предсказать ход явления, вероятные связи и соотношение между физическими величинами.

После этого намечают план проведения эксперимента. Он определяется принятой гипотезой и имеющимся в распоряжении учащихся оборудованием. Важным элементом подготовительной работы является выбор способа записи результатов измерения.

Центральная часть работы — выполнение эксперимента, сопровождаемое записью результатов измерений. Затем экспериментальные данные обрабатываются, теоретически осмысливаются. Результатом являются соответствующие выводы. Чем удачнее выбран способ записи результатов измерения, тем легче установить характер зависимости между величинами и сформулировать выводы.

В методологическом и воспитательном плане следует обратить особое внимание на то, что в учебной практике обычно стараниями учителя гипотеза и план проведения эксперимента всегда оказываются безукоризненно правильными и безошибочно приводят к намеченной цели. В результате у учащихся создается неправильное представление о «легком» пути научных открытий, не формируются критичность мышления, настойчивость, не развиваются должным образом творческие способности.

В ряде случаев полезны «поисковые» лабораторные работы, цель которых — обнаружить те или иные чисто качественные зависимости между величинами, изучить различные стороны неизвестных пока учащимся закономерностей, предварительно определить направления, в которых должно вестись дальнейшее исследование, и т. д.

Как поисковая может быть, например, поставлена работа «Сравнение периодов колебаний различных маятников». Ее цель — установить качественно, от каких величин и как зависят периоды колебаний маятников. Для экономии времени одна половина класса может работать с пружинными, а вторая — с математическими маятниками. Обычно учащиеся высказывают предположения, что периоды колебаний обоих маятников зависят от их массы и амплитуды. Данные опытов неожиданно для них показывают, что периоды колебаний маятников не зависят от амплитуды, а масса влияет на период колебаний пружинного и не влияет на период колебаний математического маятника.

Так возникает новая проблема и ставится конкретная задача — найти аналитическую зависимость периодов колебаний маятников от указанных выше параметров и объяснить возникшие новые вопросы.

Решение может быть найдено путем составления эмпирических формул, с помощью теоретических расчетов или некоторым комбинированным методом.

Степень самостоятельности и активности учащихся при выполнении лабораторных работ во многом определяется характером инструктажа и описаний. Идеальной является такая инструкция, которая содержит четкую формулировку задачи, несет достаточную информацию, но не дает в готовом виде того, что учащийся способен и должен найти сам. Например, в описание лабораторной работы «Выяснение условия равновесия рычага» («Физика-8») целесообразно включить элементы творческих заданий такого содержания: 1) установить условие, при котором два груза, подвешенные в разных точках на одном плече, уравниваются одним грузом, подвешенным на другом плече; 2) то же для большего числа грузов, подвешенных в разных точках на плечах рычага; 3) сформулировать общее правило равновесия рычага.

Конечно, степень самостоятельности учащихся на лабораторных занятиях в зависимости от уже имеющихся у них знаний, умений и навыков в той или иной области, а также от содержания работ и поставленных целей неизбежно будет различной. Поэтому будут различными и описания. Особенно детальные инструкции, регламентирующие каждое действие ученика, необходимы при формировании практических умений и навыков, так как первые действия должны быть обязательно правильными: переучивать труднее, чем учить.

Один из важных аспектов активизации на лабораторных занятиях познавательной деятельности учащихся — индивидуальный подход к ним, учет их подготовки, интересов и способностей. В этих целях прибегают к известной индивидуализации работ, включают в них заведомо большее число заданий, чем может выполнить ученик, или учащимся дают дополнительные задания, в том числе и на выбор. Несмотря на то что индивидуальный подход к учащимся усложняет подготовку работ и оценку за их выполнение, ему необходимо уделять должное внимание, особенно на физических практиках.

Применительно к рассмотренной выше работе о равновесии рычага индивидуальный подход может, например, состоять в проверке применимости найденного правила для криволинейного рычага или механизма, представляющего собой совокупность рычагов (сложные кусачки, модель десятичных весов).

В лабораторные работы и домашние задания по подготовке к ним полезно включать элементы творческого, в том числе конструкторского, характера. Так, например, учащимся может быть дано задание разработать схему опыта по установлению зависимости массы, выделившейся при электролизе меди, от силы тока и времени его протекания через водный раствор медного купороса. Большинство учащихся, как показывает практика, предлагают использовать «очевидную» схему (рис. 8.1). Но могут быть и другие решения. Для того чтобы электрод 1, на котором выделя-

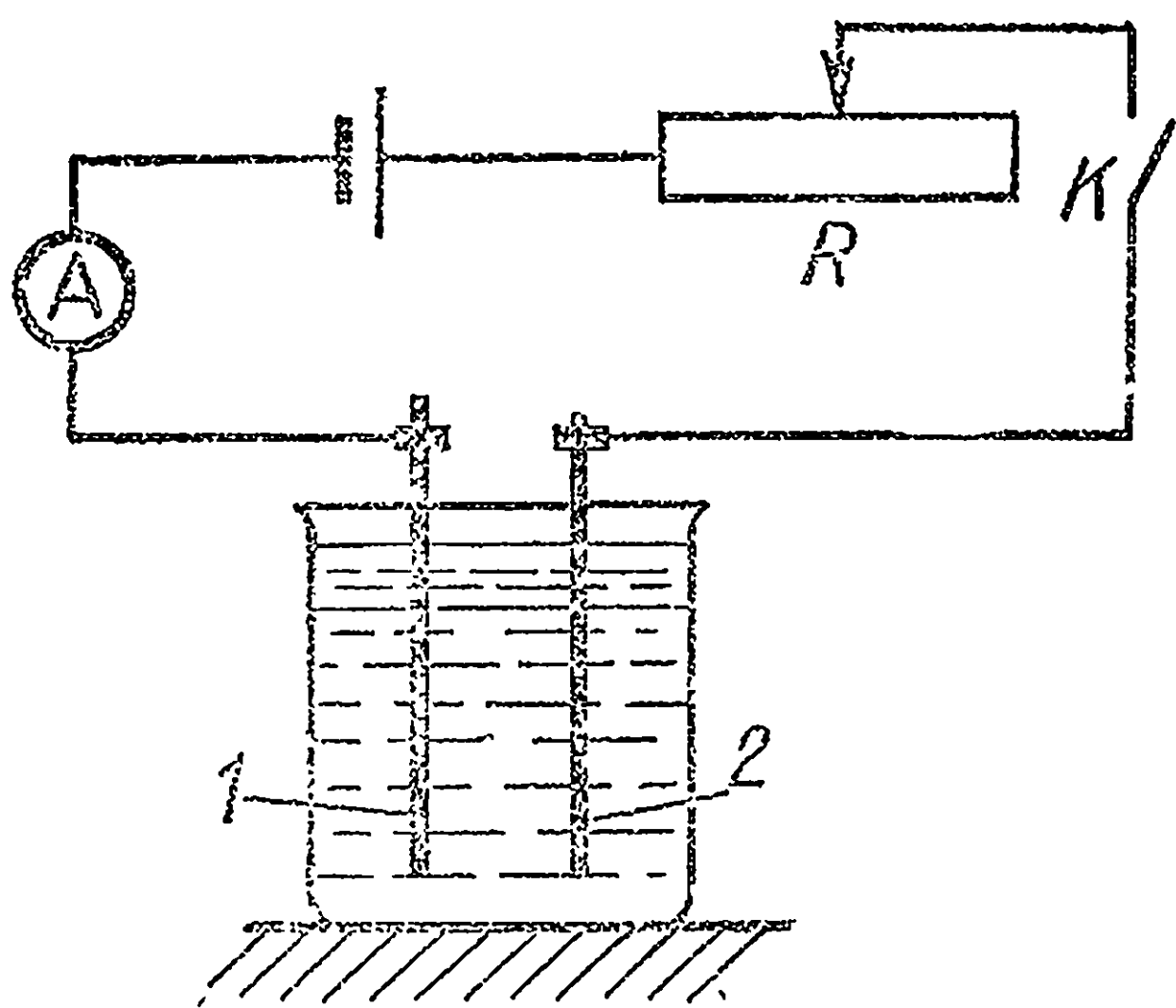


Рис. 8.1

ется медь, не вынимать многократно из раствора для взвешивания, учащиеся нередко предлагают подвесить его на рычажные (рис. 8.2, а, б) или пружинные (рис. 8.2, в) весы. Приведенный пример показывает важность не только принципиального, но и конструкторского решения различных аспектов физического эксперимента. Нужно обращать внимание учащихся на поучительные примеры такого рода в опытах знаменитых ученых-экспериментаторов

(М. Фарадея, Г. Герца, А. С. Попова, П. Н. Лебедева) и изобретателей (П. Н. Яблочкова, А. Н. Лодыгина, Т. Эдисона), побуждая учащихся к техническому творчеству.

Основной частью каждой работы является выполнение учащимися физического эксперимента или наблюдений. Особое значение здесь имеет качество измерений, фиксирование результатов опытов и наблюдений и соблюдение правил техники безопасности.

Обычно на лабораторных занятиях учащимся выдают полный комплект целесообразно подобранных приборов и материалов. В старших классах следует постепенно приучать учащихся к самостоятельным расчетам и выбору необходимых измерительных приборов. Так, например, в IX классе при выполнении работы «Определение удельного сопротивления проводника» учащиеся могут самостоятельно подобрать необходимые измерительные приборы.

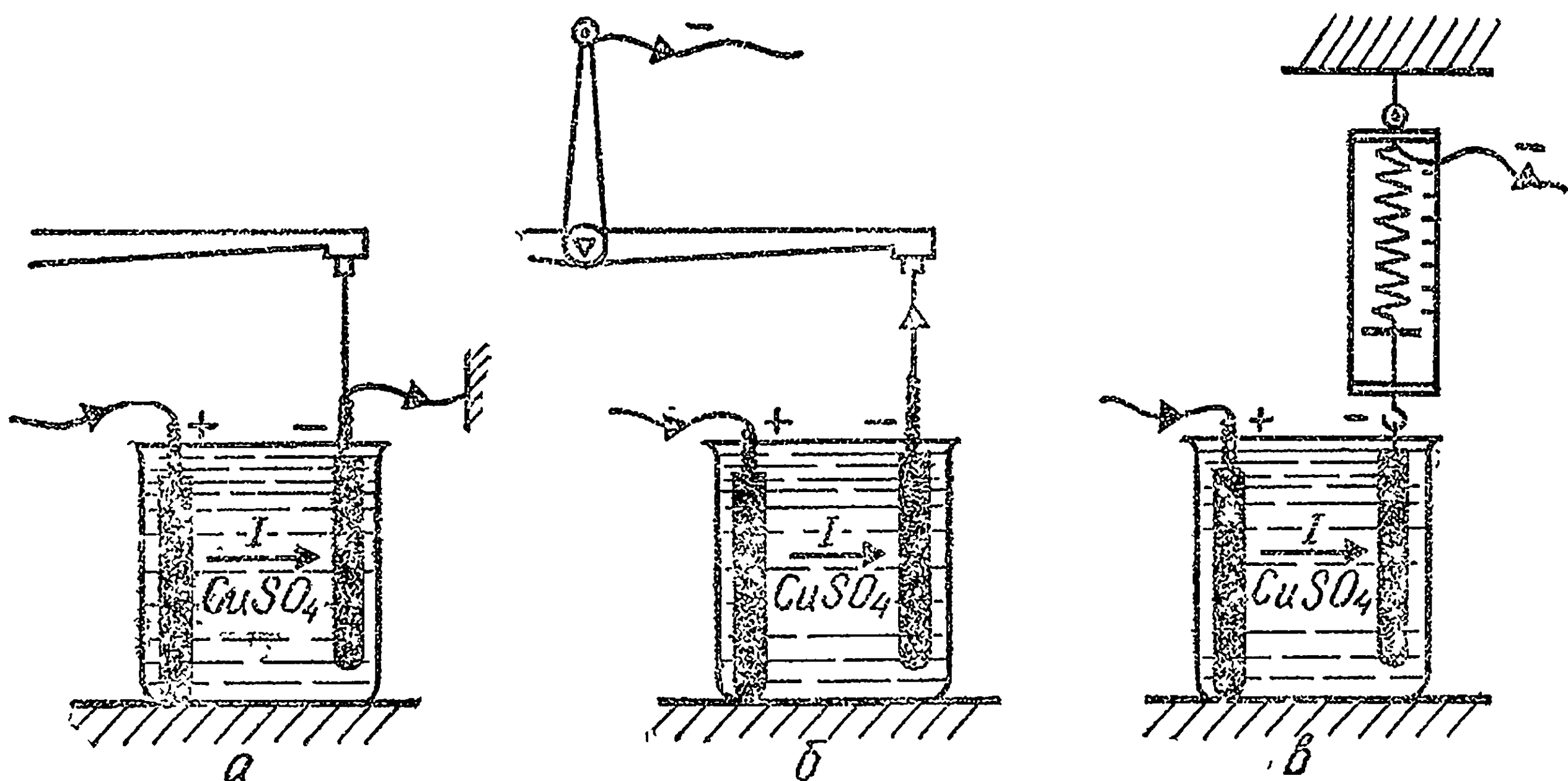


Рис. 8.2

4. Обработка данных наблюдений

Эта ответственная и очень трудоемкая часть работы требует либо качественных выводов, либо математических расчетов с последующим их анализом. Первым неукоснительным требованием здесь должно быть соблюдение учащимися правил действий с приближенными числами. У них должно быть сформировано четкое и ясное представление о том, что «всякое измерение выполняется приближенно, со степенью точности, удовлетворяющей практическим или научным целям. Поэтому основная задача экспериментатора заключается не в поисках истинного значения той или иной величины, а в определении пределов, в которых она находится при применении данного метода измерения, конкретных приборов и инструментов» [II, 55, с. 32].

В VIII—X классах учащиеся должны получить понятие о погрешностях прямых и косвенных измерений. Будет достаточно, если для прямых измерений они научатся определять максимальную погрешность как сумму погрешности отсчета и погрешности измерительного инструмента. Поскольку обе эти погрешности обычно можно принять равными половине цены деления прибора, то общая максимальная погрешность равна цене деления.

Рекомендации, позволяющие уточнить это правило применительно к отдельным школьным приборам (секундомеру, метроному и др.), имеются в учебных пособиях для учителей [II, 46; 55; 60].

При многократных измерениях абсолютная и относительная погрешности могут быть вычислены методом среднего арифметического. Однако этот метод в школе практически мало применим, так как в лабораторных работах редко выполняются многократные измерения, могущие дать различные результаты в силу случайных погрешностей.

Погрешности косвенных измерений можно определить методом границ и по приближенным формулам [II, 46; 55; 60].

Значительное внимание наряду с аналитическим следует уделять и графическим способам обработки результатов измерений, которые, к сожалению, в школе пока применяются редко. Графики должны быть выполнены в достаточно крупном масштабе, наносимые на бумагу точки следует отмечать характерными значками (обводить кружками, треугольничками и т. п.), а между точками проводить некоторую усредненную линию.

В ряде работ полезно прежде всего использовать графики, вычерченные «самой природой». Это, например, вычерченные телами траекторий их движения: траектории струи воды или брошенного горизонтально шарика, смазанного краской (рис. 8.3), траектория маятника на перемещающейся равно-

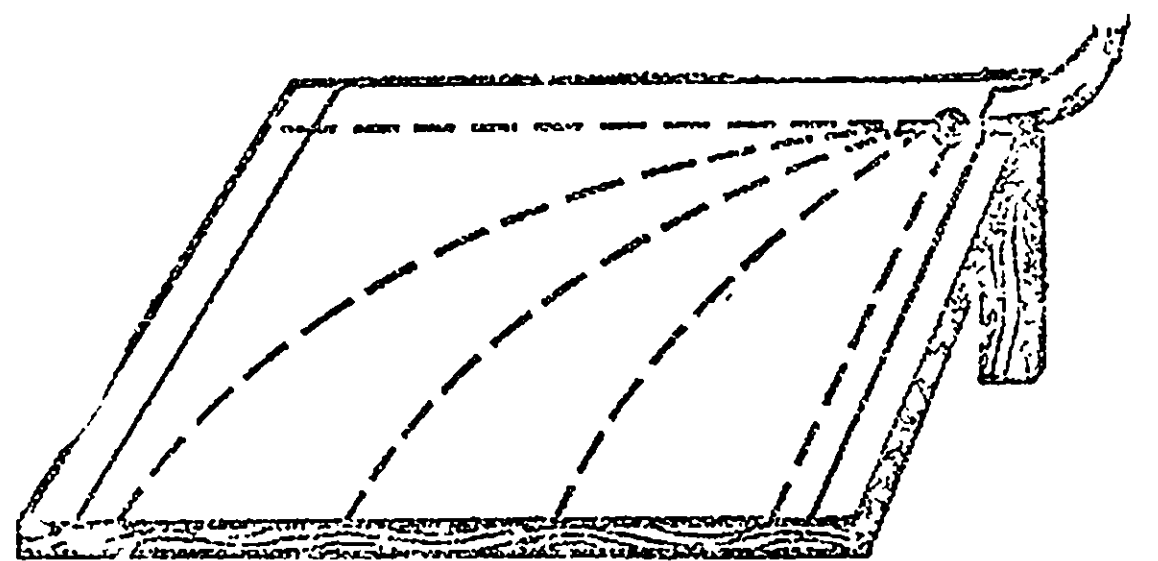


Рис. 8.3

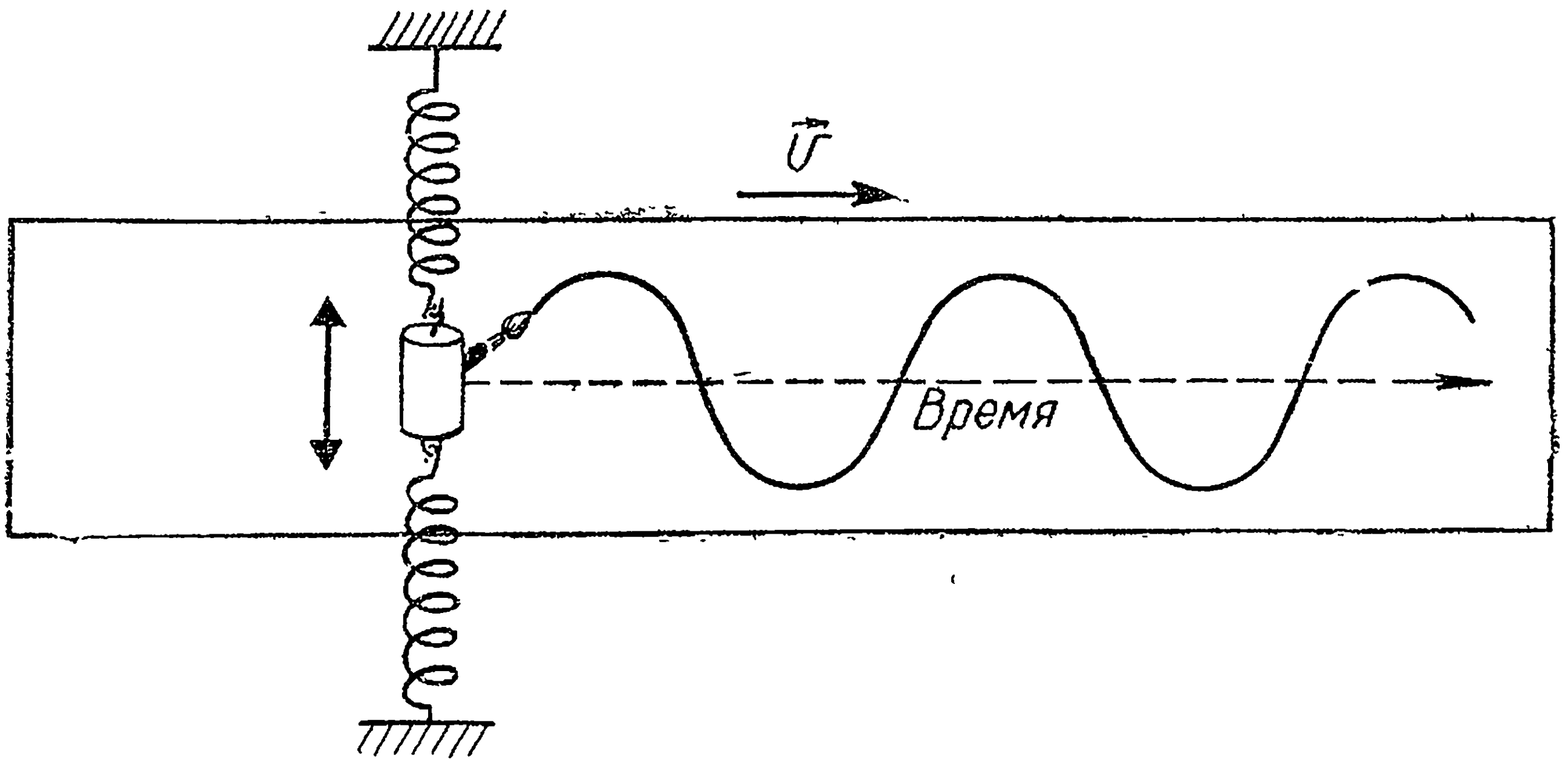


Рис. 8.4

мерно ленте (рис. 8.4), траектории α -частиц в камере Вильсона и т. п.

В последнее время большое распространение получил метод фотографирования траектории движения тел и их отдельных положений, фиксируемых стробоскопическим методом (рис. 8.5.)

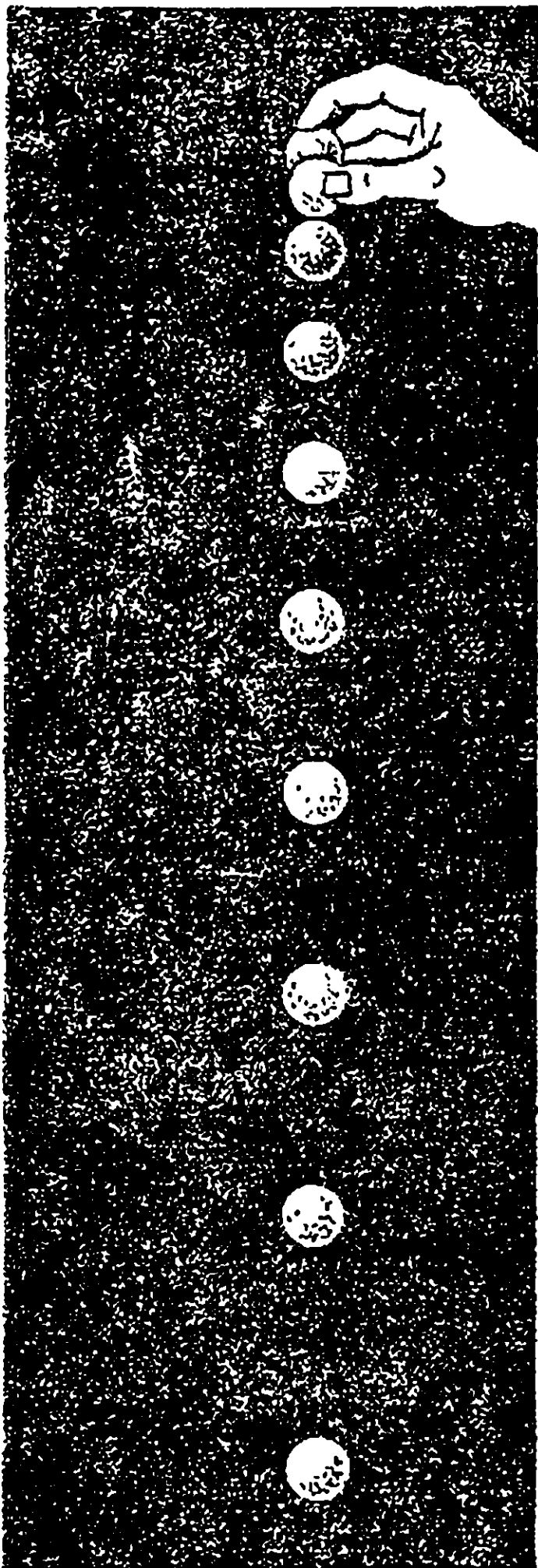


Рис. 8.5

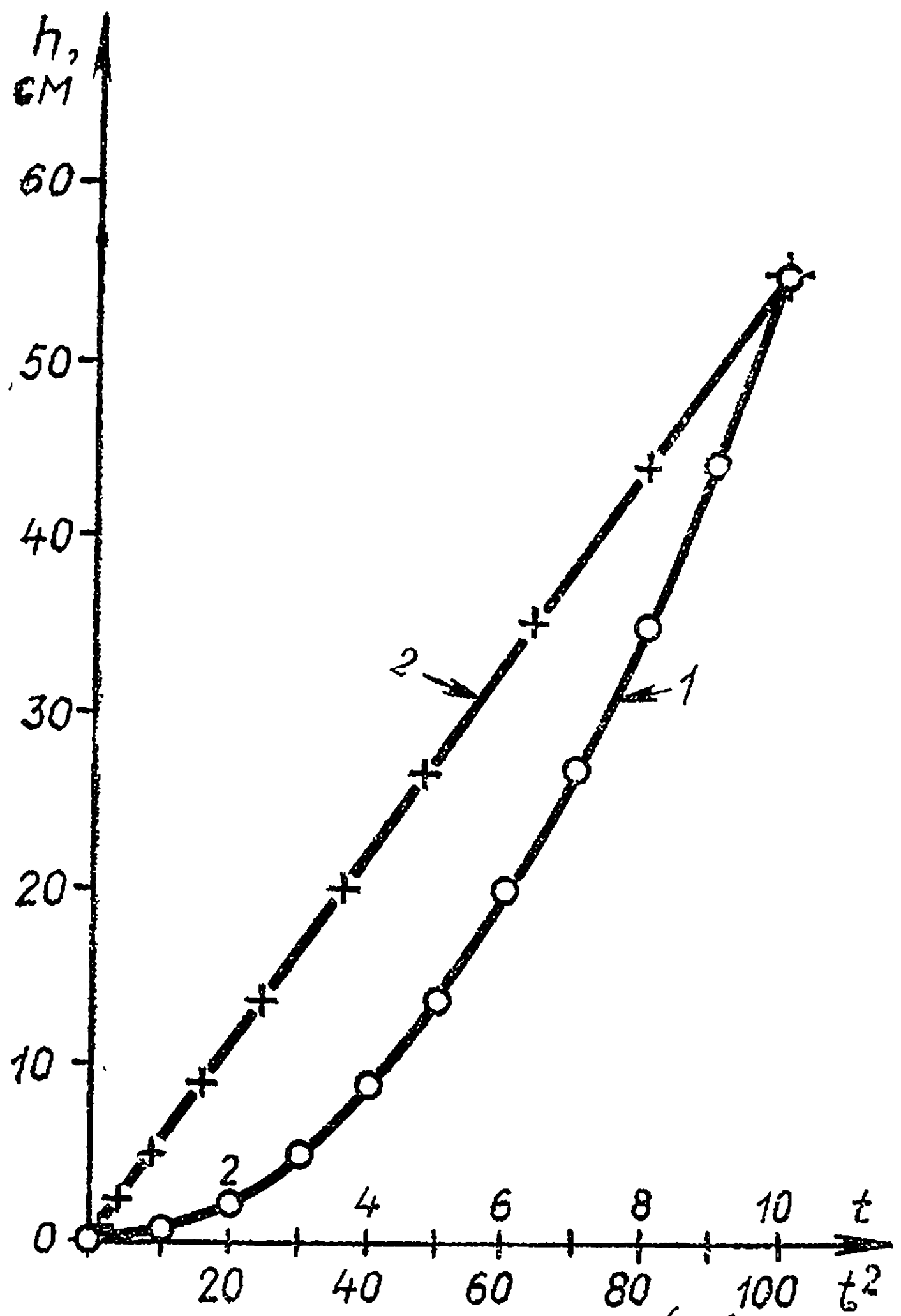


Рис. 8.6

На занятиях физического практикума можно познакомить школьников с некоторыми специальными приемами работы с графиками. К таким приемам относятся метод выравнивания («спрямления») графика и применение полулогарифмической и логарифмической шкал. Метод выпрямления графика заключается в таком выборе переменных, который приводит к линейной зависимости между ними. Допустим, что на основе анализа фотографии (см. рис. 8.5) получена таблица значений для времени t и высоты h падения шарика, на основе которой построен график 1 (рис. 8.6), форма которого наводит на мысль о параболической зависимости вида $h = kt^2$. Тогда в координатных осях h и t^2 график должен быть прямой линией, что и имеет место на самом деле (рис. 8.6, прямая 2).

Учащихся, проявляющих повышенный интерес к физике и математике, можно также познакомить с использованием метода наименьших квадратов при обработке результатов лабораторных работ¹.

Значительное внимание следует уделять навыкам рационального выполнения учащимися математических расчетов, применения математических таблиц, логарифмической линейки, справочной литературы.

Г Л А В А 9

ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ В СИСТЕМЕ ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ

1. Задачи как средство обучения и воспитания

За время обучения в школе учащиеся решают около тысячи физических задач и затрачивают на них примерно треть всего учебного времени. И это правомерно: без решения задач курс физики не может быть усвоен. Внимание к решению задач росло на каждом этапе развития советской школы. Это обуславливалось многими объективными причинами и ведущими идеями педагогики и методики физики: необходимостью связи обучения с жизнью, коммунистическим строительством, проблемами политехнического образования подрастающего поколения, активизацией познавательной деятельности учащихся, в том числе средствами развивающего проблемного обучения, применением технических средств, использованием элементов научно-исследовательских и творческих заданий и т. д.

Физической задачей в учебной практике обычно называют небольшую проблему, которая в общем случае решается с помощью

¹ См.: Дворский Р. Ф. Использование метода наименьших квадратов при обработке результатов лабораторных работ,— Физика в школе, 1970, № 6.

логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики. По существу на занятиях по физике каждый вопрос, возникший в связи с изучением учебного материала, является для учащихся задачей. Активное целенаправленное мышление *«всегда есть решение задачи»*¹ в широком понимании этого слова. В методической же и учебной литературе под задачей понимают целесообразно подобранные упражнения, главными целями которых являются: а) изучение физических явлений и методов их исследования; б) вооружение учащихся политехническими знаниями и привитие им умений применять свои знания на практике; в) формирование понятий (см. гл. 2), развитие мышления учащихся; г) коммунистическое воспитание учащихся, формирование их диалектико-материалистического мировоззрения и таких качеств личности, как трудолюбие, настойчивость, воля и др. При этом те или иные воспитательные функции должна нести по существу каждая физическая задача, поскольку обучение и воспитание — это единый, неразрывный процесс.

Ценность физических задач должна определяться прежде всего той информацией, которую они несут учащимся.

В процессе решения специально поставленной задачи-проблемы можно изучать основной программный материал. Примерами могут служить экспериментальные задачи по установлению зависимости упругой силы пружины $F_{\text{упр}}$ от ее деформации x ; дальности полета тела от угла бросания и др.

Задачи могут содержать информацию о физических методах исследования явлений природы, знакомить с идеей классических опытов, возникавшими перед учеными трудностями и путями их преодоления. Например, задача может быть такой [10]:

На рисунке 9.1 показана схема опыта, с помощью которого Галилей пытался измерить скорость света. Открыв заслонку фонаря, определяли время, через которое свет, отраженный зеркалом, установленным на расстоянии s , от наблюдателя, должен возвратиться к нему. Показать расчетами, приняв $s=1,5$ км, в чем главная техническая трудность такого эксперимента, и предложить пути ее устранения.

¹ Психология / Под ред. А. А. Смирнова. М., 1962, с. 241.

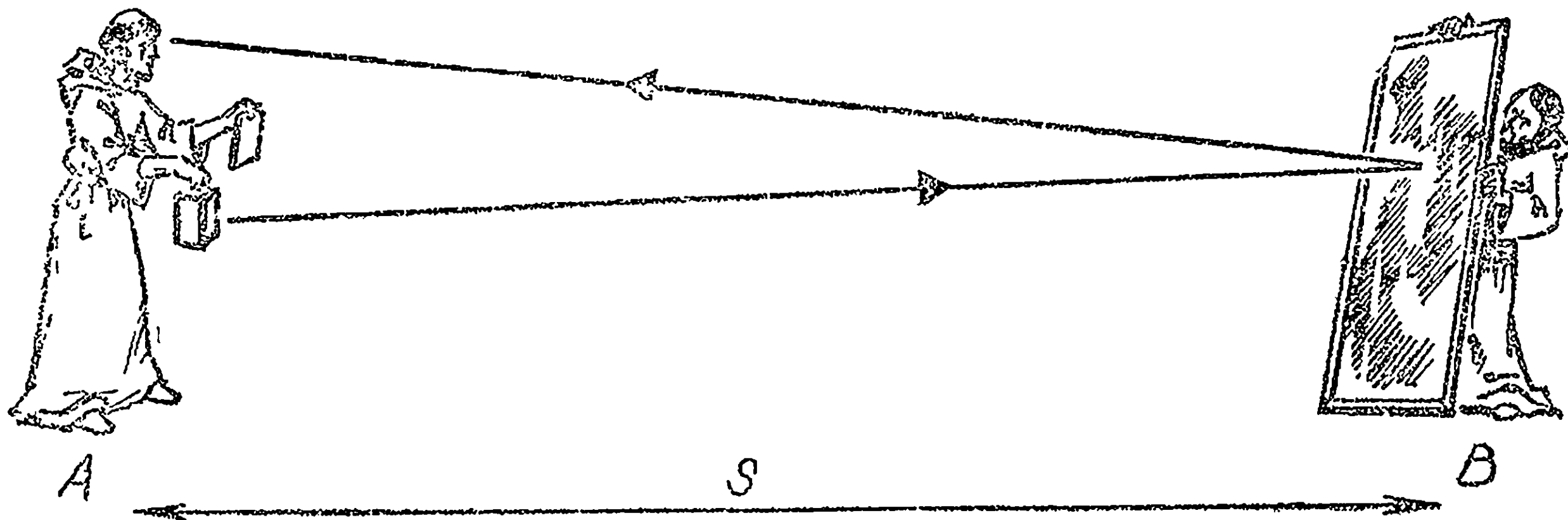


Рис. 9.1

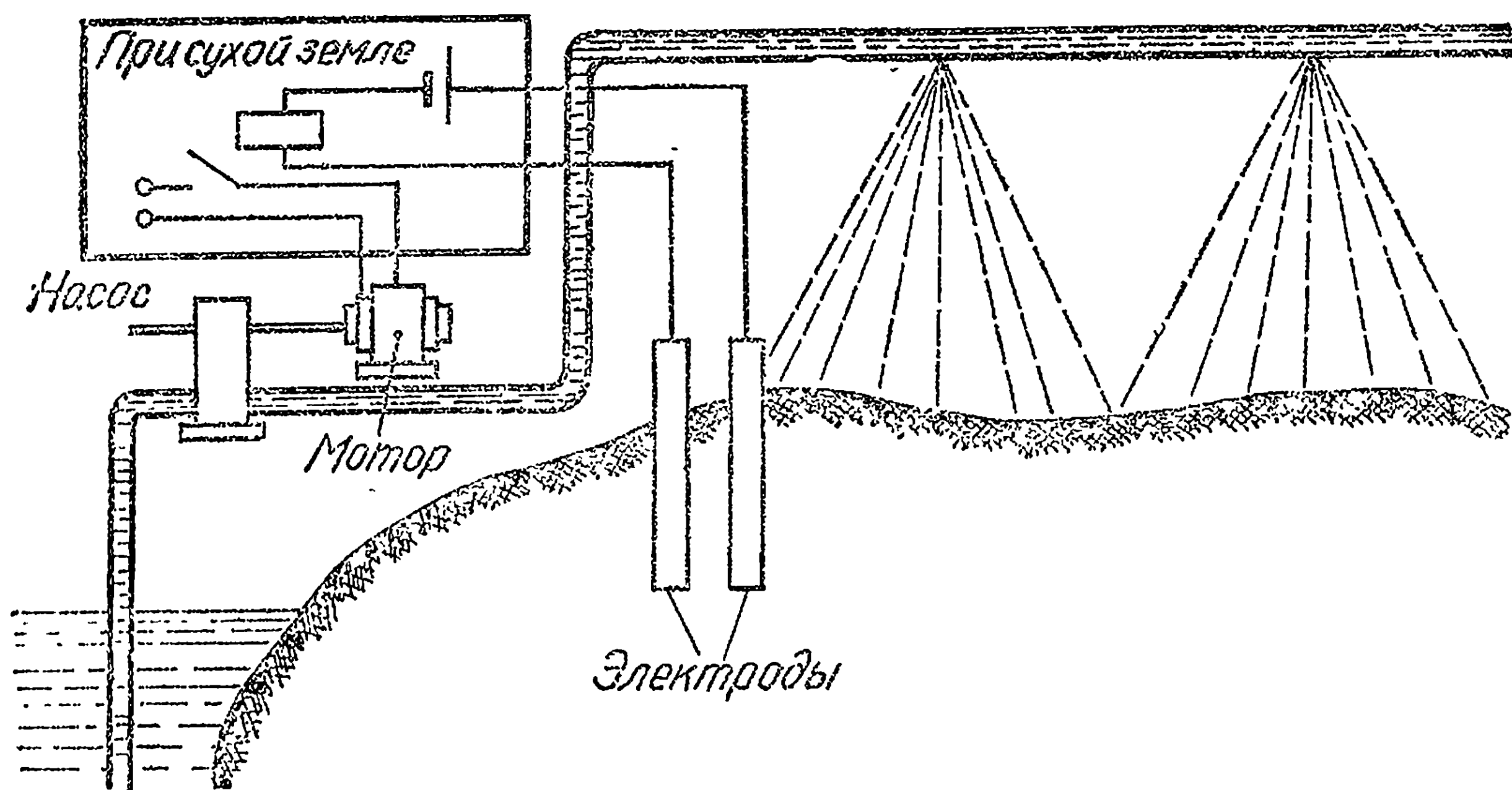


Рис. 9.2

В процессе решения задач учащимся можно дать понятие о методах расчета космических скоростей и масс небесных тел [II, 31], зарядов и масс элементарных частиц [II, 18; 51], энергии рек и ядерного горючего [II, 19; 31] и т. д.

Как действенное средство связи теории с практикой задачи должны содержать политехнический материал, освещающий применение физики в промышленном и сельскохозяйственном производстве, а также сведения из «физики вокруг нас». Примером может служить задача:

На рисунке 9.2 представлена схема автомата для полива полей. Действие автомата основано на зависимости электропроводности почвы от влажности. Зная это, объяснить, как работает автомат [33].

При решении этой задачи имеется возможность не только выяснить вопрос о возрастании электропроводности почвы с повышением влажности и применении электромагнитных реле в сельскохозяйственном производстве, но также в общем плане коснуться вопросов орошения и осушения полей, столь важных для многих районов СССР.

Задачи дают возможность использовать физический материал, важный для формирования диалектико-материалистического мировоззрения учащихся, их воспитания в духе патриотизма и пролетарского интернационализма.

При решении задач о движении планет и искусственных спутников, задач по физике атомного ядра и ядерной энергии [II, 51] следует кратко рассказать учащимся об интернациональном сотрудничестве ученых в изучении космоса, исследованиях по ядерной физике.

2. Использование различных типов физических задач

Обучение и воспитание учащихся требует комплексного использования всего многообразия физических задач. Преувеличенное внимание к каким-либо одним типам не приводит к положительным результатам.

Задачи по физике классифицируют по многим признакам (рис. 9.3). По содержанию задачи следует разделить прежде всего в зависимости от их физического материала.

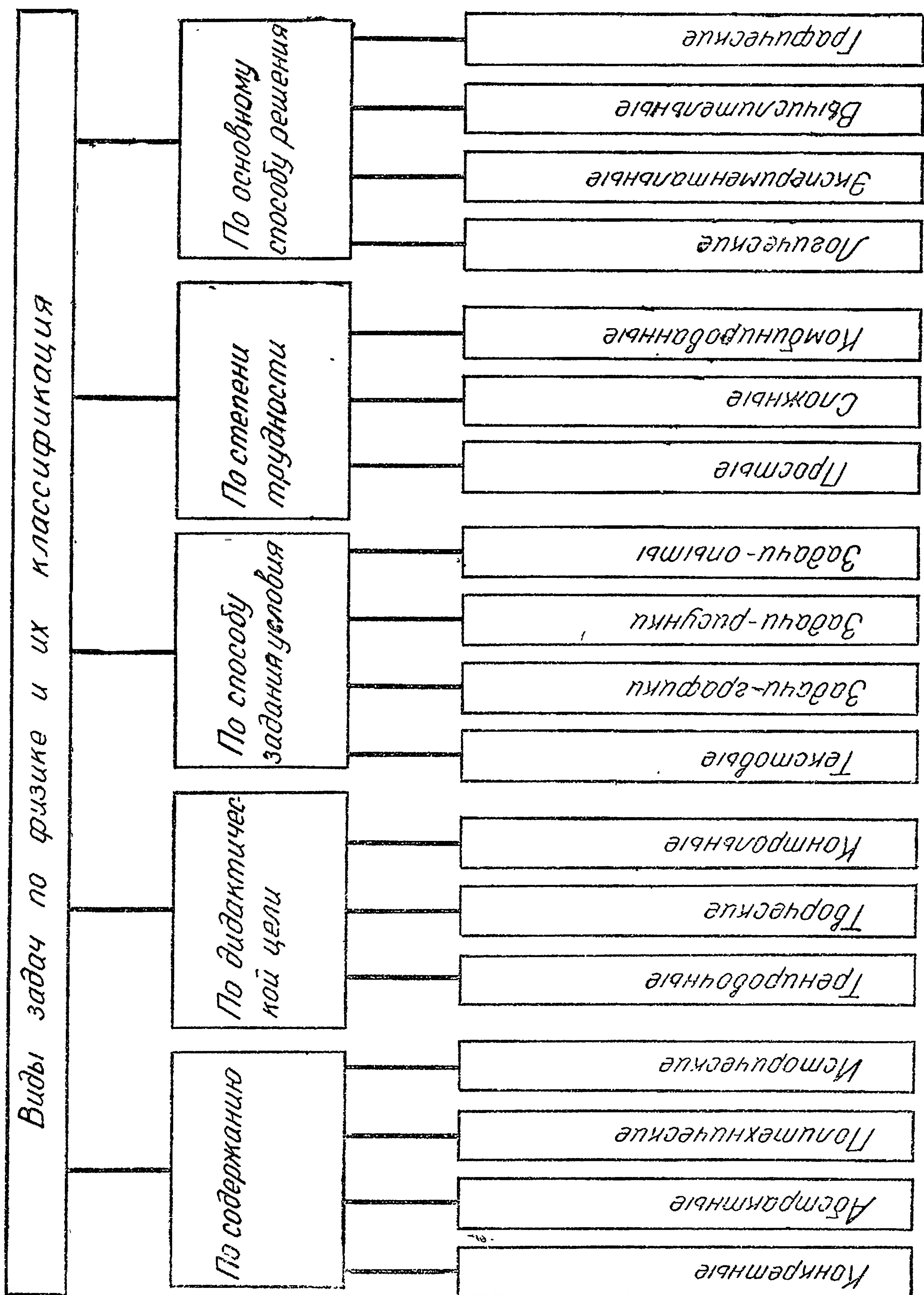
Задачи, содержащие материал о технике, промышленном и сельскохозяйственном производстве, транспорте и связи, называют задачами с политехническим содержанием. Этим задачам в настоящее время необходимо уделять особое внимание в связи с поставленной перед школой задачей «решительного поворота школы к улучшению подготовки молодежи к труду в сфере материального производства, к обоснованному выбору профессии»¹.

Задачи с историческим содержанием важны как средство привлечения внимания к вопросам истории науки и техники, как дидактический прием повышения интереса к предмету. Кроме того, задачи с историческим содержанием позволяют раскрыть перед учащимися логику научных открытий, ошибки, допускаемые исследователями вследствие недостаточной разработанности соответствующей теории, и т. д.

В зависимости от характера и методов исследования вопросов различают качественные и количественные задачи. Качественными называют задачи-вопросы, при решении которых устанавливают только качественную зависимость между физическими величинами. Особое значение этих задач — развитие логического мышления учащихся. В той или иной мере эти задачи являются составной частью любой физической задачи.

Количественными называют задачи, при решении которых устанавливают количественную зависимость между искомыми величинами и ответ получают в виде формулы или определенного числа. Роль таких задач возрастает с каждым годом обучения. Они позволяют глубже проникать в физическую сущность явлений, формируют важные математические навыки. Вместе с тем в школе есть всегда опасность потери значительного времени на математические расчеты в ущерб собственно физическим вопросам. Поэтому необходимо избегать чрезмерно громоздких с математической точки зрения задач; совершенствовать математические навыки быстрых и рациональных вычислений, в том числе с помощью логарифмических линеек, таблиц и т. д.; вести борьбу за математическую культуру на уроках физики; в полную меру осуществлять межпредметные связи с математикой (гл. 10).

¹ О дальнейшем совершенствовании обучения, воспитания учащихся общеобразовательных школ и подготовки их к труду. Постановление ЦК КПСС и Совета Министров СССР.— Учительская газ., 1977, 29 дек.



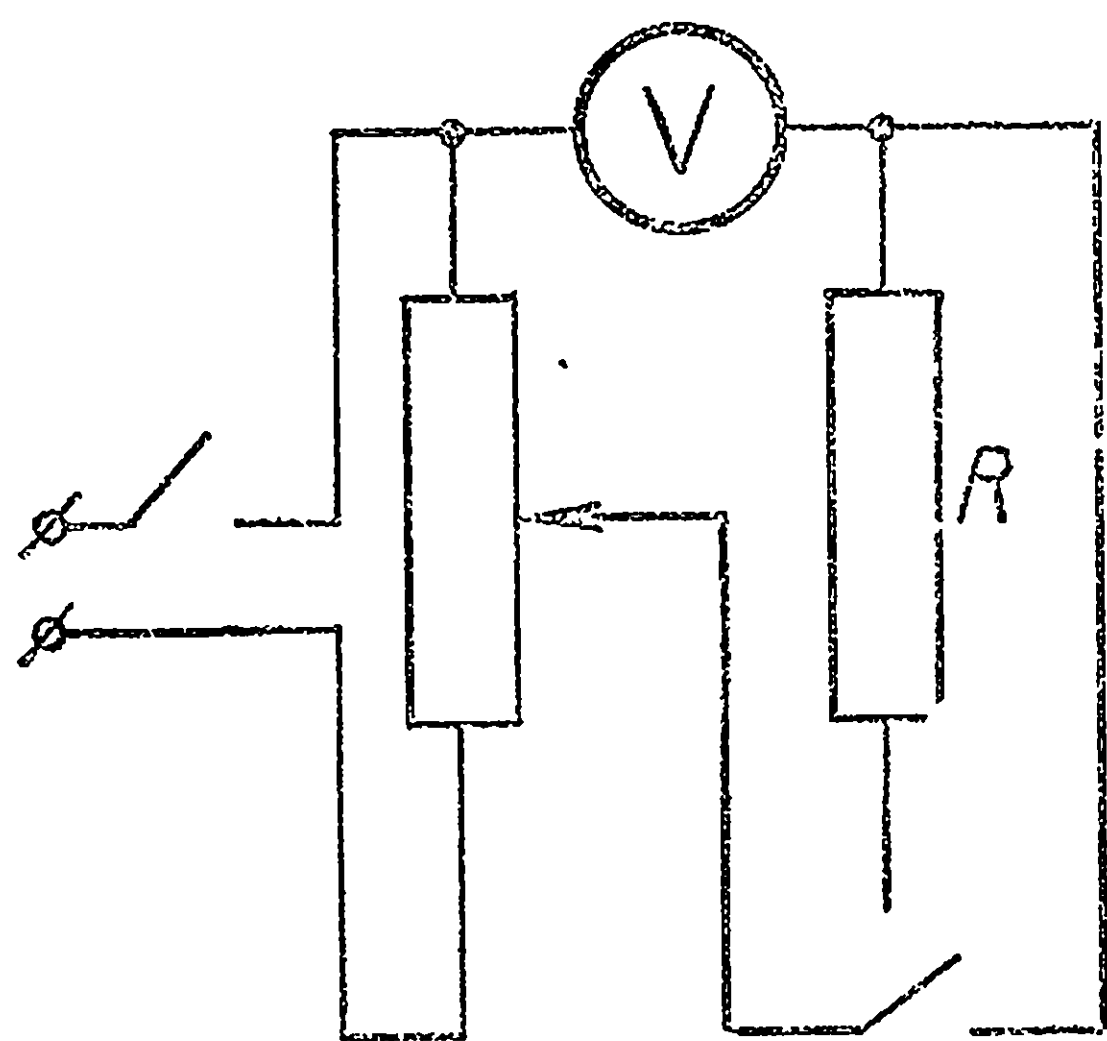


Рис. 9.4

По основному способу решения различают устные, экспериментальные, вычислительные и графические задачи.

Важность экспериментальных задач, определяемая закономерностями познания и спецификой физики как экспериментальной науки, очевидна. Однако широко используют их, как правило, только учителя-энтузиасты. Главная причина их сравнительно малого удельного веса в общем числе задач — трудность постановки, большая затрата времени на

подготовку и проведение, затруднение с точностью измерений в демонстрационных опытах и как следствие «большие отклонения» теории от практики.

Многие экспериментальные задачи могут быть поставлены как творческие. Большое количество интересных творческих задач учитель найдет в книге В. Г. Разумовского [11, 29], который делит их на два основных вида: исследовательские (требующие ответа на вопрос «почему?») и конструкторские (требующие ответа на вопрос «как сделать?»).

Приведем пример такой задачи, составленной на основе изучения во время экскурсии рационализаторского предложения рабочих измерительной лаборатории формовочного цеха.

Важной характеристикой формовочной земли является ее влажность, т. е. процентное содержание воды. Ученикам было предложено разработать способ определения влажности физическими методами.

Учащиеся одного из IX классов при решении данной задачи предложили следующие методы: 1) определение массы воды выпариванием; 2) определение влажности формовочной земли по ее плотности; 3) определение влажности по значению электрического сопротивления.

Последнее предложение совпадало с рационализаторским предложением рабочих. После обсуждения существа данного метода учащимся было дано более конкретное конструкторское задание: «Разработать принци-

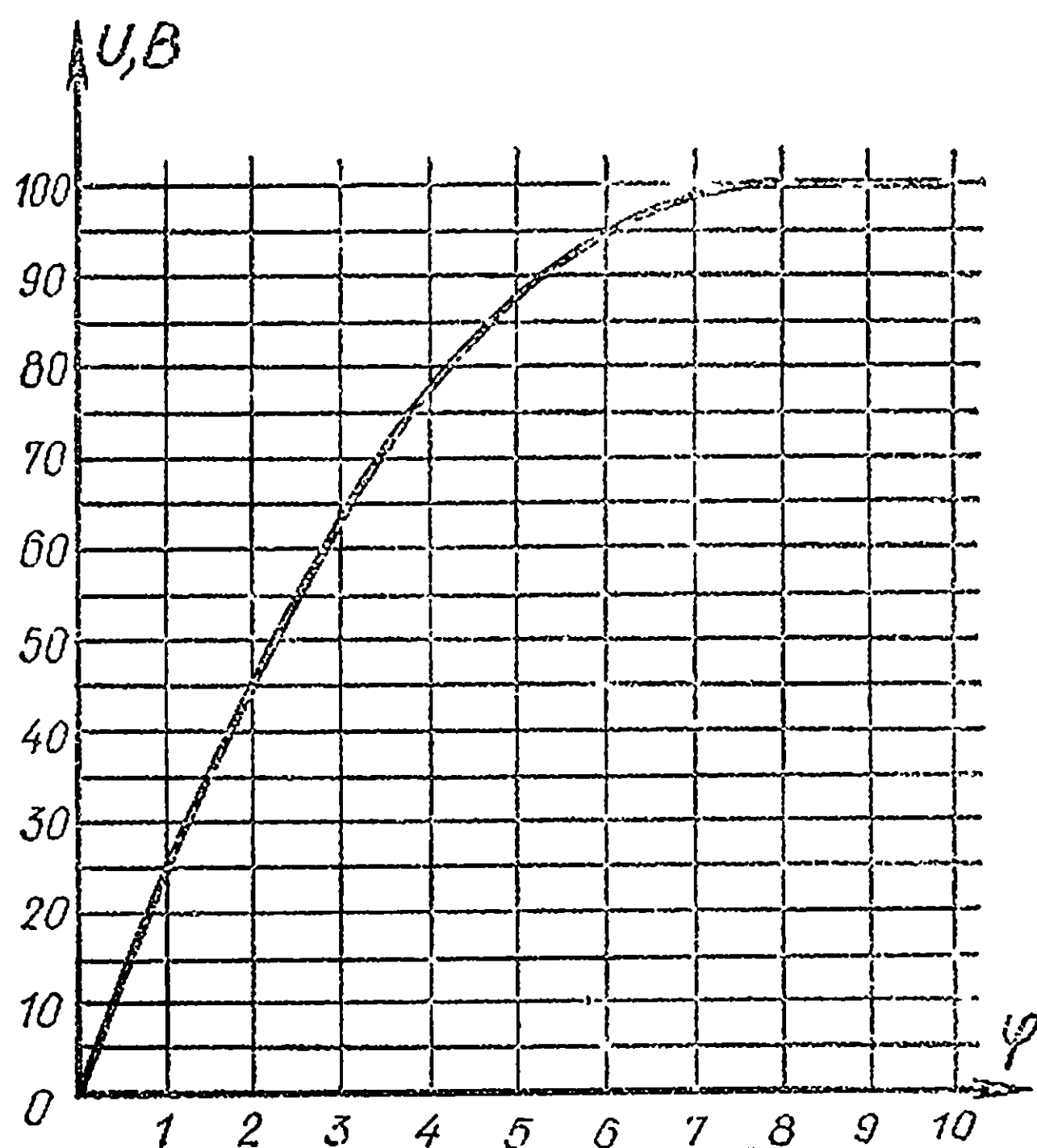


Рис. 9.5

пиальную схему установки для определения влажности формовочной земли по ее электропроводности».

Большинство учащихся предложило определять сопротивление образца методом амперметра и вольтметра по формуле $R = \frac{U}{I}$.

Многие предложили использовать омметр.

После этого была рассмотрена схема, действительно применявшаяся на заводе (рис. 9.4). Сопротивление R образца формовочной земли и, следовательно, показания вольтметра U зависят от влажности земли. Чем больше влажность, тем меньше сопротивление. Зависимость между влажностью ϕ земли и показаниями вольтметра U выражается с помощью графика (рис. 9.5, где на оси абсцисс отложена влажность в условных единицах).

3. Актуальные проблемы методики решения физических задач

Как уже отмечалось выше, на решение задач затрачивается значительная часть учебного времени. Тем не менее именно решение задач вызывает наибольшие затруднения у учащихся. Одна из важнейших причин этого — недостаточно эффективная методика обучения школьников решению физических задач. Главное направление в совершенствовании методики — это развитие логического мышления учащихся.

Используя законы логики и законы физики, было бы весьма заманчиво создать алгоритмы решения задач, т. е. такие предписания, которые позволили бы на основе определенной системы элементарных действий безошибочно находить искомый результат. Привитие учащимся умений и навыков в выполнении действия по строго установленным правилам имеет образовательное, воспитательное и практическое значение. Ученики приучаются к строгости в рассуждениях и действиях, подготавливаются к выполнению операций по инструкциям, что весьма важно в современном производстве, оснащенном сложными машинами и приборами.

К сожалению, составление алгоритмов для решения любых физических задач крайне затруднительно. Физические задачи весьма разнообразны. Их решение — это прежде всего творческий процесс. Кроме того, даже при составлении строгих предписаний для какого-либо узкого класса задач часто нельзя быть полностью уверенным в том, что каждый шаг или «элементарная» операция действительно является «элементарной», т. е. простой и очевидной для учащихся. Тем не менее перечни определенных правил или предписаний алгоритмического типа при решении задач необходимы.

Их можно разделить на три группы:

1. Общие алгоритмические предписания, определяющие этапы и требования при решении любой физической задачи.

2. Алгоритмические предписания для решения того или иного типа задач.

3. Алгоритмы или алгоритмические предписания для выполнения отдельных операций.

Общие правила решения физической задачи содержат следующие советы:

1. Уяснить содержание задачи, ее вопрос.

2. Выполнить краткую запись условия задачи.

3. Представить возможно полнее рассматриваемое в задаче физическое явление. Для этого выполнить рисунок, чертеж или условную схему, поясняющую описываемую в условии задачи ситуацию, и если есть в том необходимость и возможность, поставить эксперимент.

4. Сопоставить исходные и искомые данные и попытаться установить между ними причинно-следственные связи. Для этого следует найти в них нечто общее, что позволило бы их отнести к тому или иному общему классу физических явлений, например к величинам, характеризующим явления механики, электричества, теплоты и т. д.

5. Выделить связи существенные.

6. Упростить условие, пренебрегая связями второстепенными, несущественными.

7. Переформулировать задачу с учетом внесенных уточнений.

8. Постепенно сужать область сопоставления, связывая исходные и искомые данные общими теориями, законами, правилами, формулировками.

9. Попытаться найти качественное решение задачи.

10. Если задача допускает установление количественных зависимостей между величинами, найти или вывести соответствующие формулы и выразить неизвестные величины через известные.

11. Выразить численные значения величин в одной системе единиц (как правило, в СИ).

12. Провести вычисления, используя правила действий с приближенными числами.

13. Проверить полученный результат одним или несколькими следующими способами [II, 51, гл. 1, 3]:

а) оценка по смыслу реальности полученного ответа;

б) проверка с помощью операций с наименованием величин;

в) решение задачи другим способом;

г) экспериментальная проверка.

Более конкретными являются алгоритмические предписания по решению определенных типов задач. Примером могут служить предписания по решению задач на второй закон Ньютона (см. гл. 20).

Большое значение имеют алгоритмические предписания и алгоритмы для выполнения отдельных операций и действий.

К алгоритмическим предписаниям для отдельных операций, например, относятся предписания для определения размерности единиц измерения физических величин, преобразования одних единиц в другие.

К сравнительно строгим алгоритмам относятся различные пра-

вила: правило буравчика, правила правой и левой руки, правило Ленца и др.

Следует использовать также и мнемонические правила, например, правила для определения полюсов соленоида, для запоминания чередования цветов спектра, последовательности цифр в числе π , записанном с различной степенью точности, и др.

Настойчиво работая над усвоением учащимися алгоритмических предписаний, вместе с тем нужно помнить, что «задолбленные традиционные способы действия и усвоенные принципы во многих случаях выступают в процессе творческого мышления как своеобразный психологический барьер, закрывающий доступ к очевидному факту, открываемой закономерности, новому способу действия»¹.

Для того чтобы избежать указанных нежелательных последствий, необходимо заботиться о сознательном усвоении учащимися алгоритмов, умении объяснять целесообразность тех или иных предписаний и творчески применять их к конкретным ситуациям.

4. Развитие логического мышления учащихся в процессе решения задач

На огромное значение учебных задач для развития мышления обращали внимание многие ученые: Э. Резерфорд, Н. Бор, А. Эйнштейн, П. Л. Капица и др. «Все они подчеркивали, что задачи должны не только и не столько способствовать закреплению знаний, тренировке в применении изучаемых законов, сколько формировать сам исследовательский стиль умственной деятельности, метод подхода к изучаемым явлениям»².

Развитие мышления учащихся в процессе решения задач, так же как во всякой умственной деятельности, требует применения всей совокупности форм и методов научного познания: наблюдений, эксперимента, сравнения, выдвижения гипотез, использования аналогий, индукции и дедукции, анализа и синтеза и т. д.

При этом суть задачи как решения некоторой проблемы заключается в установлении причинно-следственных связей и зависимостей, в получении ответов на многочисленные «почему?».

Одним из важнейших принципов диалектического материализма является принцип детерминизма, утверждающий существование причинной обусловленности явлений. Закон причинности не знает исключений. Основа причинной связи — взаимодействие физических объектов. В простейшем случае это «силовое» взаимодействие двух объектов A и B , которые в результате взаимного влияния друг на друга переходят в объекты A' и B' . Это находит, в частности, свое наглядное выражение в III законе Ньютона, законе сохранения импульса и др.

¹ М а т ю ш к и н А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., 1972, с. 62

² Э с а у л о в А. Ф. Психология решения задач. М., 1972, с. 7.

Однако очень часто в физике абстрагируются от обратного действия объекта A на объект B , поскольку исследуют изменения только объекта A . В таких случаях, особенно при феноменологическом исследовании явлений, вводят и оперируют такими понятиями, как «сила», «импульс», «количество теплоты» и др., упрощая, по выражению В. И. Ленина, «объективную связь явлений природы, лишь приблизительно отражая ее, искусственно изолируя те или иные стороны одного единого мирового процесса»¹.

На данное положение следует обратить особое внимание, так как при погрешностях в методике решения задач у учащихся нередко создается неправильное представление о многих физических величинах как о своего рода субстанциях, оторванных от взаимодействующих тел.

Поясним сказанное на примерах типичных ошибок учащихся.

При решении задачи: «По плоскости, наклоненной под углом 30° к горизонту, скатывается брусок. Какой путь он пройдет за 1 с? Трением пренебечь» — ученики часто выполняют чертеж, изображая прежде всего «подсказанную» условием задачи «скатывающую» силу, не отдавая себе отчета в том, взаимодействие каких тел она характеризует и как возникает. Затем память (а не рассуждение) заставляет их изобразить «прижимающую» силу по существу вне связи с силой тяжести бруска, грубо нарушая соотношение масштаба для векторов сил.

Типично также затруднение с анализом формулы закона Гука $F_{\text{упр}} = -kx$, хотя здесь в явном виде показано, что является аргументом и что — функцией. Многих учащихся смущает тот факт, что, «чем больше сила, тем больше и растяжение», например пружины. В действительности удлинение зависит от некоторой другой силы, например веса тела \vec{P} . А уже упругая сила $\vec{F}_{\text{упр}}$ в свою очередь зависит от удлинения x .

На такие постоянно встречающиеся при решении задач цепочки причинно-следственных связей необходимо специально обращать внимание учащихся. Следует также уделять внимание условиям, при которых происходят описываемые в задачах явления, вычленивая существенные, главные связи и отвлекаясь от второстепенных, побочных, что ведет к определенным упрощениям, без которых по существу не обходится ни одно решение проблемы в науке и тем более решение учебной задачи. Например, в задачах на изопроцессы и при составлении уравнений теплового баланса часто пренебрегают теплоемкостью некоторых тел, например термометров и калориметров, теплообменом с окружающей средой; во многих задачах механики не учитываются трение, собственная масса простых механизмов и т. д.

Всякая задача содержит исходные и искомые данные. При этом существует их некоторая несогласованность или даже противо-

¹ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, с. 160.

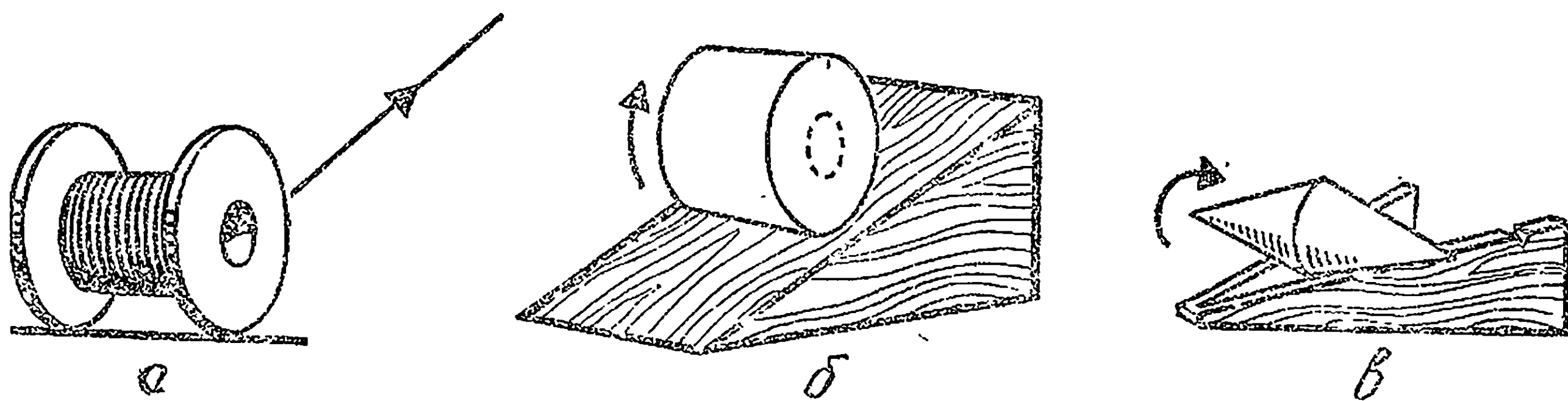


Рис. 9.6

речивость. Осознание этой противоречивости или проблемности и означает понимание задачи и начало ее решения.

Особенно ярко и отчетливо эта сторона задачи выступает в занимательных творческих задачах, в софизмах и парадоксах [II, 22; 23; 28; 34], в которых сама постановка вопросов призвана вызывать удивление у решающего. Примерами могут служить следующие задачи и парадоксы:

1. Капризная катушка (рис. 9.6, а).
2. Загадочный цилиндр (рис. 9.6, б).
3. Конус, катящийся вверх (рис. 9.6, в).

При решении задачи сопоставляются и связываются по разным линиям между собой исходные и искомые данные, исходные и искомые требования. В тех случаях, когда исходных данных оказывается недостаточно, решающий ищет дополнительные данные, которые называются «привнесенными» или «привлеченными».

Основными видами умозаключений являются индукция и дедукция. Использование индукции при решении задач отвечает дидактическому принципу обучения — «от простого к сложному», в котором находит отражение закономерность человеческого познания природы вообще.

Поясним сказанное на примере следующей задачи:

На рисунках схематически показаны равноплечие (рис. 9.7, а), неравноплечие (рис. 9.7, в) и десятичные (рис. 9.7, б) весы. Объяснить их устройство и принцип действия и вывести общее правило равновесия рычажных весов¹.

Рассматривая постепенно усложняющиеся три типа весов, учащиеся должны прийти к общему выводу, что любые рычажные весы находятся в равновесии, если момент сил, созданный гирями, равен моменту сил, созданному взвешиваемым телом. Данная задача является ярким примером упражнений на варьирование несущественных признаков понятий (в данном случае — соотношения длин плеч рычага) при сохранении существенных (равенство моментов сил, созданных взвешиваемым грузом и гирями).

¹ В связи с решением задачи могут быть сообщены учащимся краткие сведения из истории мер и весов.

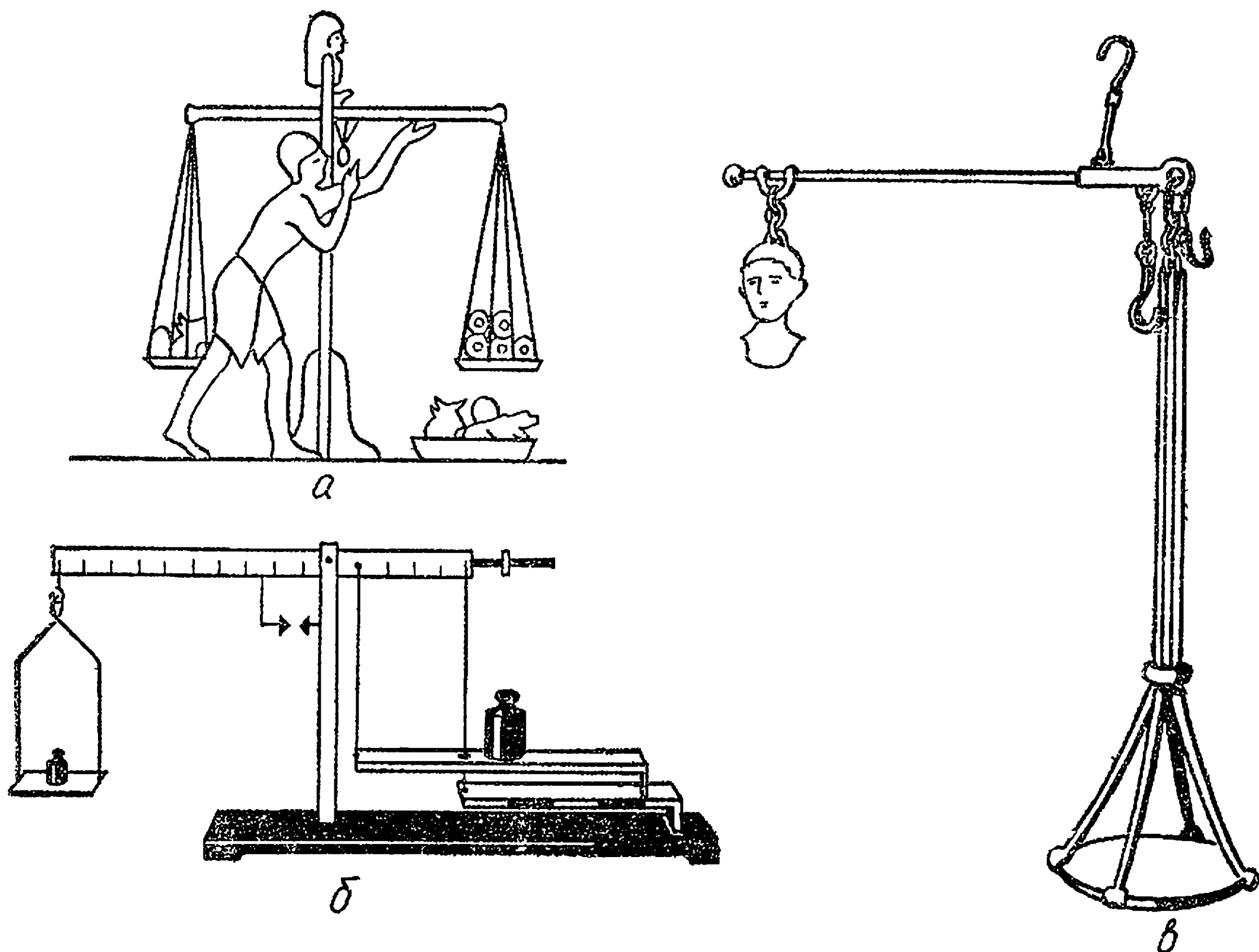


Рис. 9.7

На этом примере видно неразрывное сочетание индукции и дедукции. Во-первых, при решении задачи всегда существует некоторое начальное знание, которое применяется в данной ситуации, и, во-вторых, на каждом этапе индуктивных умозаключений осуществляется перенос полученных знаний от предыдущего звена к последующему.

Важнейший момент индуктивных умозаключений — выделение черт сходства и различия, их анализ и оценка. Сходство и различие могут быть существенными, отражающими глубинные связи, или же несущественными, чисто внешними. Такая оценка особенно важна при решении задач по методу аналогий. Рассмотрим с этой точки зрения следующую задачу.

Вывести общее правило равновесия для рычага и модели гидравлической машины (рис. 9.8 и 9.9).

На основе решения предыдущей задачи ученик запишет, что при равновесии рычага $|\vec{F}_1| l_1 = |\vec{F}_2| l_2$. Аналогия рисунков может подсказать для пресса неверное соотношение $|\vec{F}_{1п}| S_1 = |\vec{F}_{2п}| S_2$. Задача не будет до конца решена и при правильной записи соотношений

для рычага и пресса в виде $\frac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_2|} = \frac{l_2}{l_1}$ и $\frac{|\vec{F}_{1п}|}{|\vec{F}_{2п}|} = \frac{S_1}{S_2}$. Все-

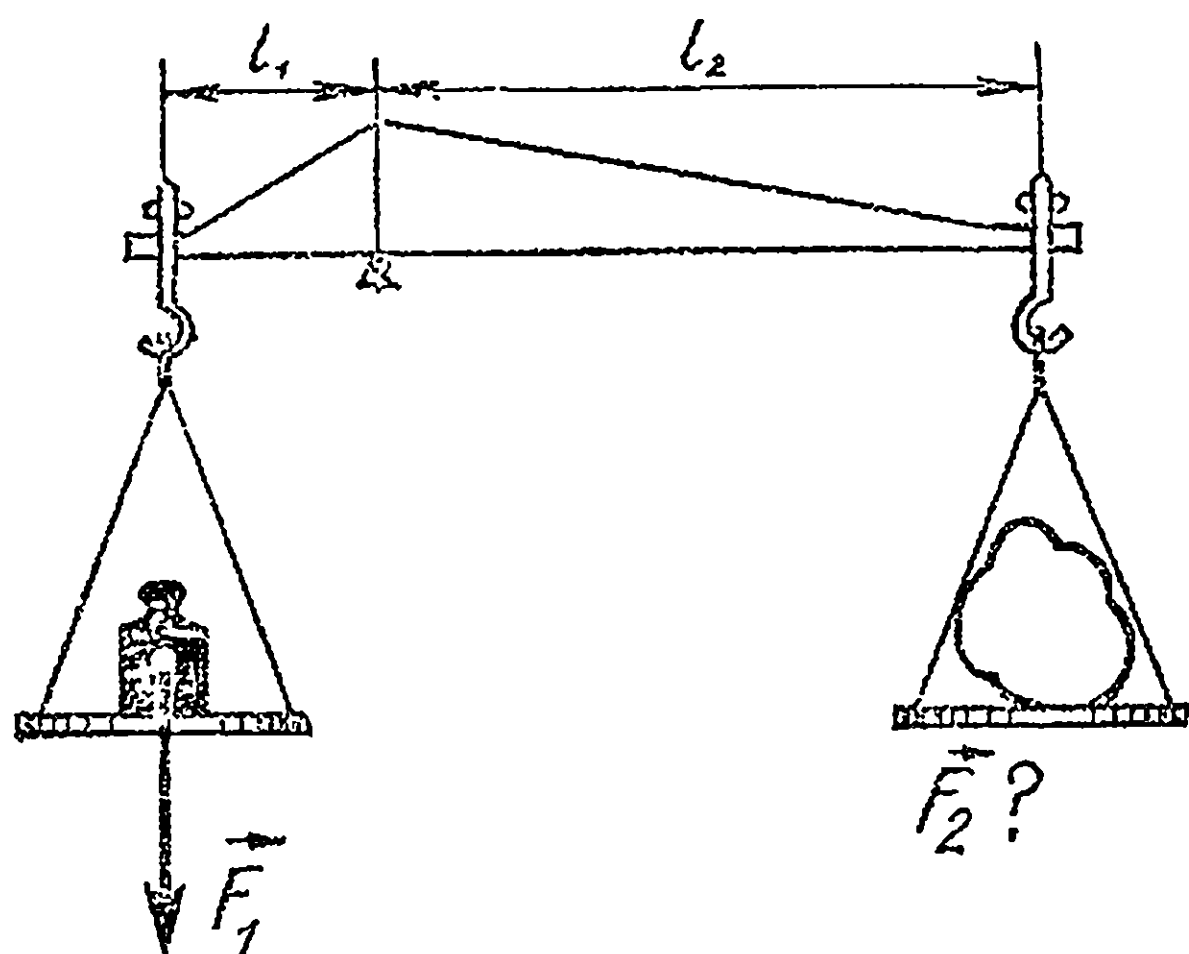


Рис. 9.8

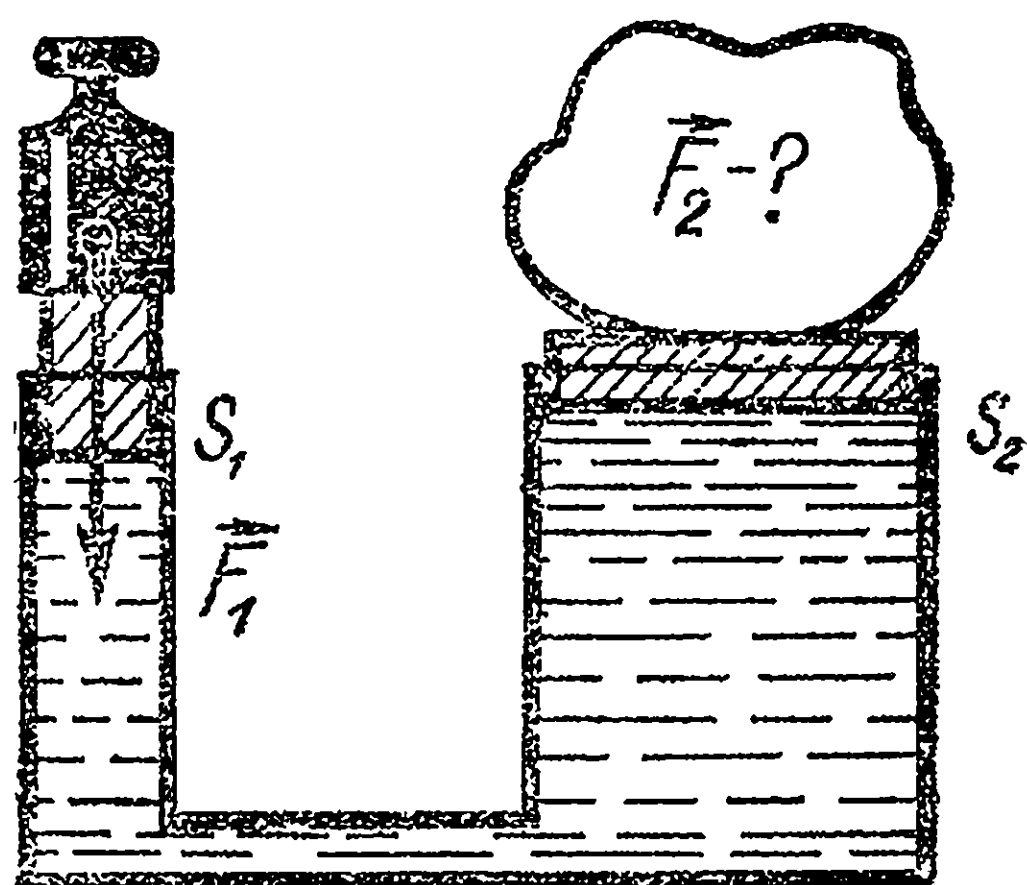


Рис. 9.9

личны l_1 , l_2 и S_1 , S_2 не являются аналогами. Более правильной будет запись $|\vec{F}_1| l_1 = |\vec{F}_2| l_2$ и $|\vec{F}_{1п}| h_1 = |\vec{F}_{2п}| h_2$, где h_1 и h_2 — расстояния, на которые могут переместиться поршни пресса. Но и величины l и h не полные аналоги, так же как и величины $|\vec{F}| l$ и $|\vec{F}_{п}| h$. $|\vec{F}| l$ — это момент силы, измеряемый в ньютон-метрах, а $|\vec{F}_{п}| h$ — это работа, измеряемая в джоулях.

Соотношения станут полностью аналогичными, если условие равновесия рычага записать в виде

$$|\vec{F}_1| l_1 \sin \alpha = |\vec{F}_2| l_2 \sin \alpha; |\vec{F}_1| h_{1р} = |\vec{F}_2| h_{2р},$$

где $h_{1р}$ и $h_{2р}$ — перемещения концов рычага при их равномерном движении

Таким образом, общим условием равновесия является равенство работ, выполняемых силами, действующими на обоих концах данных механизмов.

Применение дедукции при решении задач предполагает глубокое знание учащимися фундаментальных теорий и законов, в том числе их строгих и полных формулировок, знание строгих определений физических величин. Мнение о том, что достаточно, если учащийся умеет «пояснить суть закона своими словами», чаще всего приводит к серьезным пробелам в знаниях, подмене научных понятий бытовыми и как следствие к затруднениям при их применении. Так, например, формулировка III закона Ньютона в виде: «Всякому действию есть равное противодействие» — в руках учащихся является почти бесплодной.

Одной из форм индукции является простой категорический силлогизм, при котором из двух суждений выводится третье путем включения одних классов предметов в другие.

Применим простой категорический силлогизм для решения приведенной выше задачи о весах и гидравлическом прессе, исходя из предположения, что учащиеся уже знают «золотое правило» механики: «Во всем механизмах применимо правило: во сколько раз выигрываем в силе, во столько раз проигрываем в расстоянии».

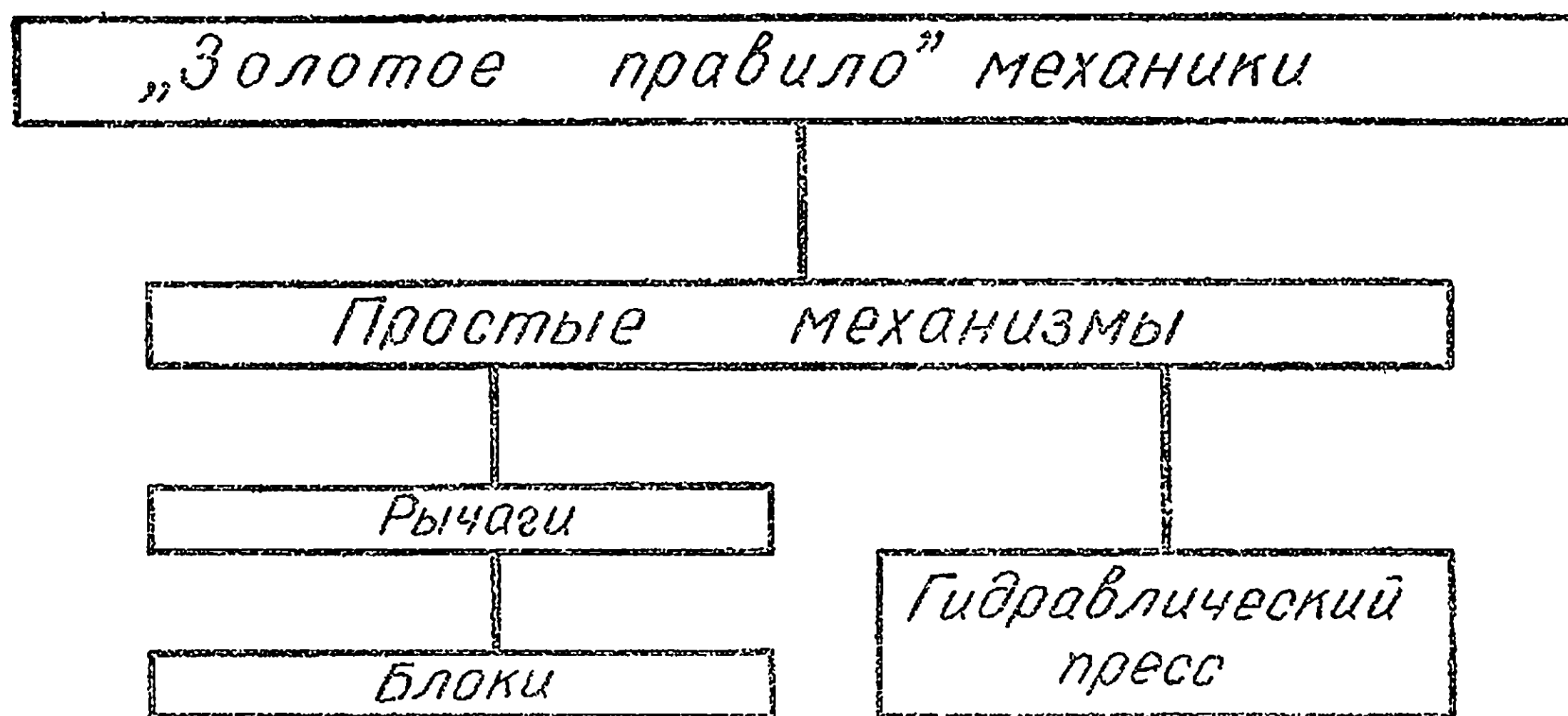


Рис. 9.10

Рычаг и гидравлический пресс — простые механизмы, следовательно, и для них верно соотношение $\frac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_2|} = \frac{h_2}{h_1}$, где \vec{F}_1, \vec{F}_2 и h_1, h_2 — соответственно силы и расстояния.

Графически ход решения можно представить в виде схемы (рис. 9.10).

Значительное число задач решается с помощью сложных категорических силлогизмов, т. е. ряда дедуктивных умозаключений, в которых каждое предыдущее заключение является посылкой для последующего.

Поясним это на примере следующей задачи:

На двух сообщающихся трубках (рис. 9.11) выдули пузыри разного размера. Будут ли изменяться пузыри и как, если зажать трубку 1?

Решение. 1. Будем исходить из самого общего принципа: система находится в устойчивом равновесии только в том случае, если она обладает минимумом потенциальной энергии.

2. В данном случае должна быть минимальной поверхностная энергия пленки.

3. Поверхностная энергия пленки минимальна при минимальной поверхности пузырей.

4. Если принять, что общий объем воздуха в пузырях не изменяется, то один пузырь будет иметь меньшую поверхность, чем два.

5. Следовательно, малый пузырь будет уменьшаться до минимума и в большой войдет почти весь воздух.

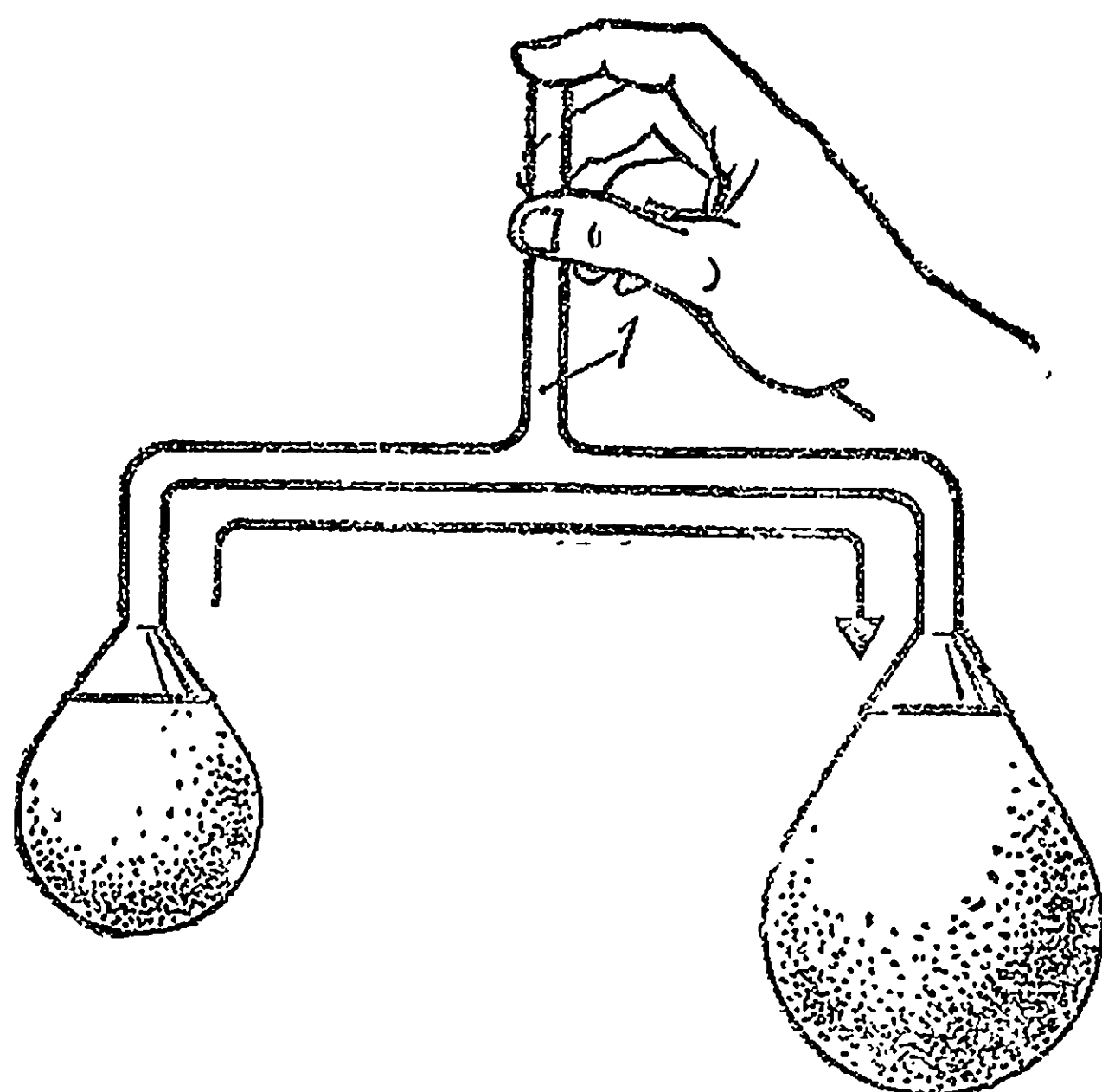


Рис. 9.11

5. Задачи как средство контроля знаний, умений и навыков учащихся

Решение задач наряду с устным опросом является наиболее распространенным средством контроля знаний, умений и навыков учащихся по физике.

При текущем опросе чаще всего применяются следующие приемы использования задач:

к доске вызывают двух-трех учеников, которые решают данные им задачи, пока учитель ведет устный опрос или беседу с классом; несколько вызванных учащихся, посаженных за первый стол, решают задачи в тетрадях или на листках;

всему классу дают 10—15-минутную контрольную работу.

Эти приемы позволяют оперативно проверять знания учащихся, повышают их ответственность за свою работу, экономят время. Однако они имеют и свои недостатки: занимают наиболее продуктивную часть урока, притом нередко большую, чем планировалось, и на объяснение нового материала не хватает времени; решение задач, особенно письменно всем классом в начале урока, возбуждает учащихся, они долго не могут успокоиться и включиться в последующую работу.

Поэтому кратковременные контрольные или самостоятельные работы следует проводить в конце урока, где они служат также средством закрепления пройденного материала.

Итоговые контрольные работы проводят по большим темам, как правило, в конце четверти. Они обычно бывают рассчитаны на целый урок. На таких работах учащимся дают несколько вариантов задач. При двух вариантах условие записывают на доске, а при 4—6 вариантах (что лучше) условия подготавливают на отдельных карточках.

При итоговых контрольных работах по большим темам элемент случайности в оценке знаний отдельного учащегося велик, так как объем материала, включенного в текст задачи, составляет обычно только небольшую часть всей проверяемой темы. В этом состоит один из недостатков текстовых задач. Кроме того, здесь в недостаточной мере осуществляется индивидуальный подход к учащимся. Для смягчения последнего недостатка прибегают к выдаче на контрольных работах индивидуальных заданий, отличающихся числом или сложностью задач либо и тем и другим. Используют также и такой прием, когда сильные учащиеся, решившие досрочно свой вариант, решают задачи из других вариантов.

Для осуществления дифференцированного подхода к учащимся возможно применение серии задач постепенно убывающей трудности. В этих целях в каждый последующий вариант вводят новую информацию, конкретизирующую условие и облегчающую его решение.

В последние годы значительное распространение получили различные виды программированного контроля [II, 28]. Чаще всего

это серия вопросов с ответами к ним на выбор. Успешное применение этого метода контроля требует прежде всего выполнения логического структурного анализа материала, с тем чтобы выявить подлежащие проверке основные понятия, соотношения, формулы, важнейшие положения теорий.

Для определения требований к учащимся и при оценке их знаний, умений и навыков при решении задач можно использовать критерии, сущность которых сводится к следующему:

первый уровень требует узнавания изучаемого объекта и его свойств на основе готовой информации;

второй уровень предполагает знание алгоритмов действия (формул, графиков, правил и т. п.) и их применение в знакомых ситуациях;

третий уровень требует применения знаний, известных методов в конкретной, но незнакомой ранее ситуации;

четвертый уровень характеризуется творческим применением знаний.

Г Л А В А 10

ВЗАИМОСВЯЗЬ ФИЗИКИ И ДРУГИХ ПРЕДМЕТОВ

1. Дидактические основы осуществления межпредметных связей

Современное производство с его высоким уровнем механизации, широкой автоматизацией контроля и управления технологическими процессами, применением электронно-вычислительных машин все более и более требует от рабочих инженерно-технических знаний, понимания научных принципов производства, высокого уровня развития мышления, творческих способностей. Начинать развивать эти качества у будущих специалистов нужно в период обучения в школе, когда формируется личность с ее взглядами, убеждениями, знаниями, умениями и способностями.

Возникает вопрос: как решать эти сложные, многообразные задачи в рамках времени, определяемого учебным планом общеобразовательной средней школы?

Продолжительное время считалось, что решение этой задачи можно достичь только путем совершенствования содержания отдельных учебных дисциплин, организационных форм и методов обучения, широким использованием в учебном процессе технических средств и проблемного обучения. Однако практика школьного обучения и специально проведенные исследования убеждают в том, что реализация всех указанных мер необходима, но недостаточна для дальнейшего значительного повышения эффективности обучения

и решения задач, поставленных перед школой жизнью, практикой коммунистического строительства.

Существующая предметная система образования позволяет обеспечить сообщение учащимся системы знаний в области отдельных наук, но эти системы оказываются разрозненными, замкнутыми, что приводит к снижению роли обучения в развитии мышления учащихся и формировании у них диалектико-материалистического мировоззрения, в подготовке их к жизни.

Все изложенные выше факторы выдвинули перед педагогической наукой проблему межпредметных связей как одну из актуальных проблем.

Актуальность проблемы межпредметных связей обусловлена также процессом интеграции наук, происходящим наряду с их дифференциацией. Крупнейшие научные открытия и решение сложных технических проблем в современных условиях чаще всего осуществляются в результате комплексных исследований, опирающихся на взаимодействие многих наук.

Интеграция и дифференциация наук, вызванные потребностями практики, должны найти отражение в содержании обучения и умственном воспитании подрастающего поколения, в методах учебной работы. Это отражение может быть осуществлено на основе межпредметных связей.

Проблема межпредметных связей (МПС) не является новой для советской школы. Большое внимание осуществлению МПС еще в первые годы строительства советской школы уделяла Н. К. Крупская. В осуществлении межпредметных связей она видела необходимое условие подготовки учащихся к жизни, формирования у них научного мировоззрения.

Решая задачу реорганизации всей системы народного образования, работники просвещения, педагогическая наука с первых лет создания советской школы уделяли особое внимание проблеме политехнического обучения и установлению связи обучения с жизнью, формированию у школьников научного мировоззрения. В связи с этим Н. К. Крупская говорила: «Мы должны в нашей политехнической школе дать ребятам определенное мировоззрение, а оно может выработаться только тогда, когда знания будут даваться не в качестве каких-то отрывков, которые скоро забываются... Нужно, чтобы знания были уложены в определенную систему»¹. Какова же сущность межпредметных связей и их значение?

Межпредметные связи мы рассматриваем как дидактическое условие повышения научного уровня знаний учащихся, роли обучения в формировании их диалектико-материалистического мировоззрения, в развитии мышления, творческих способностей, оптимизации процесса усвоения знаний и в конечном итоге как условие совершенствования всего учебного процесса.

¹ Крупская Н. К. Программа политехнической школы и производственное обучение в ФЗС.— Педагогические соч., т. 4, с. 484.

С гносеологической точки зрения МПС являются отражением в содержании и методах обучения и в сознании обучающихся взаимосвязей наук, отражающих в свою очередь объективно существующие связи между разнообразными явлениями и процессами в природе и обществе.

Значение межпредметных связей мы видим прежде всего в повышении научного уровня знаний учащихся благодаря более глубокому всестороннему изучению свойств тел, явлений и процессов, раскрытию связей и отношений между ними, возможности установления разносторонних связей явлений, изучаемых на уроках по одним предметам, с явлениями и процессами, изучавшимися ранее на уроках по другим предметам; благодаря систематизации и обобщению знаний, приобретаемых при изучении различных учебных дисциплин.

Осуществление МПС способствует формированию диалектико-материалистического мировоззрения благодаря тому, что при их реализации создаются благоприятные условия для раскрытия единства материального мира, взаимозависимости и взаимообусловленности явлений различной природы.

Говоря о значении МПС, не следует забывать о их большой роли в осуществлении политехнического обучения. Последнее обусловлено тем, что многие технологические процессы в современном производстве могут быть поняты только на основе применения знаний из области нескольких наук. Значит, подготовить учащихся к овладению в теории и на практике принципами производства можно при условии осуществления межпредметных связей. Так, например, процессы электролиза, получение электролитических покрытий, широко применяемых в современной технике, могут быть поняты и объяснены только на основе комплексного применения знаний по физике и химии.

Способы получения высоких урожаев и повышения продуктивности животноводства требуют комплексного применения знаний физиологии растений и животных, особенностей влияния на живые организмы физических факторов: температуры, влажности, освещенности, электростатического и магнитного полей, электромагнитных излучений и т. д.

Межпредметные связи позволяют обеспечить более высокий уровень усвоения учащимися таких естественнонаучных понятий, как «материя», «движение», «вещество», «поле», «энергия», а также фундаментальных естественнонаучных законов (закона сохранения и превращения энергии, закона сохранения массы, закона сохранения электрического заряда). Они помогают добиться более высокого уровня умения оперировать знаниями, получаемыми на уроках по различным дисциплинам, в решении задач комплексного характера, умения осуществлять всесторонний подход к изучению явлений, протекающих в природе и технике. Так, межпредметные связи физики с химией позволяют лучше усвоить законы строения молекул и атомов, квантово-механические понятия и полнее объ-

яснить сущность химических реакций; связь физики, химии и биологии даст возможность объяснить явление фотосинтеза, условия его протекания и способы управления им в интересах человека.

Велико значение межпредметных связей в развитии мышления учащихся и их творческих способностей. Осуществление МПС приводит к образованию в сознании у учащихся межпредметных связей (или межсистемных ассоциаций), а это приводит к серьезным изменениям психологии мышления: мышление становится более гибким, подвижным, что очень важно для решения задач творческого характера.

Основные направления в работе по осуществлению МПС. В исследованиях ученых-педагогов и в работе учителей школ можно выделить следующие направления по реализации межпредметных связей:

1. Определение рациональной последовательности изучения учебных дисциплин. Эта последовательность должна быть такова, чтобы изучение одного предмета готовило почву для изучения других предметов, чтобы один предмет «подпирал» другой.

2. Осуществление преемственности в формировании понятий и умений.

3. Обеспечение единства в интерпретации общих понятий, законов и теорий.

4. Осуществление единого подхода к формированию общих понятий и умений. Например, осуществление общего подхода к формированию у учащихся таких умений, как работа с учебной литературой, измерительных, вычислительных, графических и других умений, являющихся общими для многих учебных дисциплин.

5. Формирование диалектико-материалистического мировоззрения учащихся.

6. Показ общности методов исследования, применяемых в различных науках (например, наблюдений и опытов в исследованиях по физике, химии, биологии).

7. Устранение дублирования в изучении одних и тех же вопросов на уроках по различным дисциплинам, отрицательно влияющего на отношение учащихся к учению.

Способы осуществления МПС. На основе проведенных исследований и опыта работы школ можно указать следующие способы осуществления МПС: 1) показ взаимосвязи явлений, изучаемых на уроках по какому-либо предмету, с явлениями, ранее изучавшимися на уроках по другому предмету; 2) опора на знания, приобретенные учащимися на уроках по какому-либо предмету, при овладении новыми знаниями на уроках по другим предметам; 3) решение задач межпредметного характера; 4) выполнение лабораторных работ межпредметного характера.

Формы учебных занятий, способствующих осуществлению МПС: 1) урок с фрагментами МПС; 2) учебные семинары и конференции межпредметного характера; 3) комплексные экскурсии, например экскурсии в природу по физике

и биологии, в электролитический цех завода — по химии и физике; 4) лабораторные практикумы межпредметного характера; 5) факультативы, например «Строение и свойства вещества»; 6) опытническая работа на пришкольном участке с элементами исследования (см. гл. 5).

Организационные уровни осуществления межпредметных связей. Успех осуществления межпредметных связей, их эффективность во многом определяются организационными уровнями, на которых они реализуются. Решающую роль в этом играют следующие организационные уровни:

1. Уровень ученых комиссий, в ведении которых находится разработка учебных планов школ и, следовательно, определение состава и последовательности изучения учебных дисциплин.

2. Уровень программно-методических комиссий, определяющих содержание и структуру учебных дисциплин.

3. Уровень авторов учебников и учебных пособий, реализующих через содержание и структуру пособий основные идеи, заложенные в учебных программах и учебном плане.

4. Уровень школьного педагогического коллектива. Здесь важная роль принадлежит производственным совещаниям, методическим объединениям учителей смежных дисциплин (гуманитарного цикла, естественнонаучного цикла и т. д.).

5. Уровень творческой деятельности отдельных учителей школ, реализующих в учебном процессе рекомендации методических объединений и межпредметных комиссий.

Как видно из рассмотрения организационных уровней осуществления МПС, основы их закладываются в учебном плане, а затем в программах и учебниках. Завершающим звеном в их осуществлении является деятельность учителя. Успех ее во многом зависит от того, насколько он четко представляет значение межпредметных связей, их виды, основные направления в их осуществлении и способы их реализации.

2. Роль межпредметных связей в формировании у учащихся понятий, умений и навыков

Многие из понятий, формируемых у учащихся в процессе школьного обучения, являются общими для нескольких учебных предметов. Так, понятия «материя», «движение как способ существования материи», «причина», «следствие» являются общенаучными, философскими понятиями, формирование и развитие которых осуществляется в процессе изучения всех естественнонаучных дисциплин и обществоведения. Понятия «вещество» и «поле» общие для всех предметов естественнонаучного цикла. Вещество служит объектом изучения физики, химии и биологии. Поле как вид материи изучается физикой, а используется химией и биологией. Эти поня-

тия фундаментальные, и их формирование есть итог формирования многих взаимосвязанных понятий и их систем. Так, формирование понятия «вещество» включает формирование таких систем, как структурные формы (клетки, кристаллы, молекулы, атомы, ионы, ядра атомов, элементарные частицы), агрегатные состояния вещества (твердое, жидкое, газообразное, плазма), свойства вещества (механические, тепловые, электрические, магнитные, оптические, химические) и т. д.

Различные науки естественного цикла рассматривают (изучают) различные стороны этих понятий. Так, физика наиболее глубоко изучает структуру вещества и поля, их физические свойства, физические процессы и явления, происходящие с ними; химия рассматривает вещество как химическое соединение, изучает свойства химических элементов, законы химических реакций; биология изучает более сложные соединения атомов и молекул на уровне живой клетки, белковых соединений, организмов и т. д., т. е. соединения, образующие живую материю, а также их особенности. Соответствующие аспекты понятия «вещество» находят отражение в содержании школьных курсов физики, химии и биологии. Однако, несмотря на различные подходы к изучению свойств вещества и полей на уроках по различным предметам, задача школы заключается в том, чтобы обеспечить формирование у учеников единого понятия «материя» и единых понятий «вещество» и «поле» как видов материи. Эти задачи могут быть успешно решены при условии, если будет обеспечена правильная последовательность и преемственность в их формировании при изучении физики, химии и биологии, если будет обеспечено единство их интерпретации на уроках по различным предметам.

Важную роль в формировании понятий «вещество» и «поле» играет обобщение и систематизация знаний, полученных учащимися о веществе и поле в различных классах, на уроках по различным предметам, перед выпускными экзаменами. Такое обобщение может быть дано в X классе в форме обобщающей лекции или обобщающего семинара на тему «Вещество и поле — два вида материи». Подробное описание такого комплексного, межпредметного семинара по физике и обществоведению имеется в книге А. В. Усовой и В. В. Завьялова [34].

Многие общие понятия формируются на уроках физики и математики. К таким понятиям относятся «величина», «функциональная зависимость величин», «перемещение» и др. В их формировании также важное значение имеет осуществление межпредметных связей физики с математикой.

В настоящее время разработана методика формирования понятий, умений и навыков в условиях осуществления межпредметных связей [37]. Сущность этой методики заключается в следующем:

она исходит из признания четкого определения уровня усвоения понятий к моменту окончания средней школы, который должен быть достигнут в результате изучения всех предметов;

она предполагает четкое определение основных этапов развития понятия и роли отдельных тем рассматриваемых курсов в этом процессе;

она предусматривает преемственность различных предметов в этом процессе;

она предполагает осуществление учителями различных предметов общего подхода к формированию понятий, умений и навыков, предъявление единых требований к овладению ими школьниками, а также согласованную деятельность учителей физики с учителями других предметов по раскрытию перед учащимися требований к усвоению понятий и ориентированию учеников на использование общего подхода к овладению понятием (усвоение его содержания, объема, связей и отношений с другими понятиями, умение оперировать понятием в решении различного рода задач практического и познавательного характера).

Эта методика была проверена на формировании целого ряда общих для физики и математики понятий и умений решать задачи, вычислительных, графических умений, а также умения наблюдать и ставить опыты. Раскроем ее на примере формирования понятия «величина».

К усвоению понятия *величина* должны быть предъявлены следующие требования на уроках физики и математики: учащиеся должны знать, что величина — это количественная характеристика свойств объектов и материального мира, она имеет название, словесное определение, условное обозначение, она измеряется, может быть основной и производной, скалярной или векторной, имеет единицы измерения. Единицы измерения производных величин могут быть выражены через единицы измерения других величин, исходя из соответствующей формулы; величина может быть измерена прямым или косвенным методом, результаты измерения выражаются произведением $a = xe$, где x — числовое значение величины a при единице измерения e ; отношение однородных величин есть число, не зависящее от выбора единиц их измерения.

Для осуществления общего подхода к формированию понятия «величина» и выработки у учащихся единого подхода к изучению конкретных величин может быть рекомендован как для учителей физики, так и для учителей математики следующий о б о б щ е н н ы й п л а н и з у ч е н и я в е л и ч и н:

1. Выяснить, какое свойство тела или явления характеризует данная величина.
2. Дать словесное определение величины.
3. Установить, является ли величина основной или производной.
4. Для производной величины записать формулу, выражающую связь данной величины с другими величинами.
5. Раскрыть физический смысл величины.
6. Определить единицу измерения величины.
7. Узнать возможные способы измерения величины.
8. Выяснить, является ли величина скалярной или векторной.

9. Научиться находить значение величины по таблице соответствующих величин.

Приведенный план называется обобщенным, так как его можно использовать при изучении любой величины.

3. Обобщающие семинары как одна из форм осуществления межпредметных связей

В последние годы в работах по общей и частным дидактикам все большее внимание уделяется проблеме обобщения и систематизации знаний учащихся. Эта проблема становится особенно актуальной в связи с задачей повышения качества знаний учащихся и роли обучения в развитии мышления обучающихся.

Систематизацию и обобщение знаний можно осуществлять на различных уровнях: на уровне научных фактов, на уровне понятий, на уровне законов и теорий, изучаемых в рамках данного предмета. Более высокий уровень достигается при осуществлении межпредметных связей. Одной из эффективных форм систематизации и обобщения знаний, полученных при изучении различных дисциплин, являются семинары межпредметного характера [35]. Опыт их проведения, описанный в методической литературе, заслуживает внимания, так как именно на таких семинарах в сознании учащихся объединяются в одно целое знания по фундаментальным вопросам науки, обобщаются (синтезируются) знания различных свойств, сторон материальных объектов, изучавшихся до сих пор разрозненно, изолированно на уроках по различным предметам.

Особенность методики проведения семинаров межпредметного характера состоит в том, что планы их проведения разрабатываются совместно учителями различных предметов (в зависимости от круга вопросов, выносимых на рассмотрение). Распределяется круг обязанностей по подготовке учащихся к семинару: определяется, кто из учителей, по каким вопросам будет готовить учащихся к семинару на своих уроках, кто, по каким вопросам будет их консультировать в процессе подготовки докладов и рефератов. Совместно решается вопрос о времени проведения семинара. Если в задачу семинара входит обобщение знаний по двум предметам, в тематических планах по каждому из них предусматривается 1 ч на проведение семинара. В расписании на проведение семинара предусматривается 2 ч. План семинара сообщают учащимся недели за две до его проведения. План семинара, а также список рекомендованной литературы вывешивают на видном месте. Составляют график проведения консультаций.

Ведет семинар один из учителей, что определяется заранее. Однако обобщение и оценку докладов, выступлений дает на семинаре учитель по тому предмету, к которому более близок доклад (выступление) по своему содержанию.

Представляет интерес семинар межпредметного характера по физике, химии, биологии и обществоведению на тему «Виды материи и формы ее движения», на котором обобщаются знания учащихся о веществе и поле, о формах движения, изучавшихся на уроках физики, химии и биологии, углубляется понятие о материи. Проведение такого семинара играет большую роль в формировании у учеников научной картины мира.

Имеется интересный опыт проведения комплексных семинаров по физике и математике, в задачу которых входит обобщение знаний о функциональной зависимости величин, о производной и ее применении в физике. Ниже приводится план семинара по физике и математике, рекомендуемый для IX класса:

1. Линейная функция и ее свойства (собеседование).
2. Степенная функция и ее свойства (собеседование).
3. Графическое изображение газовых законов. Значение этого метода (собеседование).
4. Техника выполнения графиков (сообщение).
5. Изображение газовых процессов с помощью одновременного построения графиков и рисунков (доклад).

Главная задача семинара — уточнение, углубление знаний учащихся о линейной и степенной функциях, расширение знаний о применении функций для выражения закономерных связей и зависимостей между физическими величинами, характеризующими состояние системы. Эта задача решалась на примере законов идеального газа. Большое внимание на данном семинаре уделяется обобщению умения учащихся соотносить графики с аналитическим выражением зависимостей между величинами с видом функции и умению осуществлять переход от вида функции к графику.

Г Л А В А 11

ВНЕКЛАСНАЯ РАБОТА ПО ФИЗИКЕ

1. Особенности внеклассной работы в старших классах, формы ее проведения

Внеклассная работа со старшими школьниками имеет большое образовательное и воспитательное значение. Она способствует расширению и углублению знаний, развитию склонностей, творческой активности, служит средством профорientации и приобщения учащихся к общественно полезному труду. Внеклассная работа открывает простор для осуществления идейно-политического воспитания, так как позволяет привлечь дополнительный и разнообразный материал для формирования марксистско-ленинского миро-

воззрения, раскрытия преимуществ социалистической системы хозяйства перед капиталистической, показа успехов советской науки и техники в ведущих разделах физики и технического прогресса (ядерной энергетики, термоядерного синтеза, лазерной техники, космонавтики и др.).

В настоящее время интерес учащихся в той или иной области знаний в известной степени удовлетворяется на факультативных занятиях. Их введение значительно ослабило внимание в школе к внеклассной работе. Однако факультативы менее разнообразны, чем склонности школьников, их тематика определяется учителем, время проведения ограничено рамками урока, поэтому наличие факультативов не исключает, а предполагает внеклассную работу, существенно отличающуюся от них по форме и содержанию. На этих занятиях удовлетворяется стремление старшеклассников к самостоятельности и творчеству, начиная с определения тематики и содержания занятий, участия в их организации и кончая созданием новых оригинальных приборов, моделей, изделий и выполнением заданий с элементами научных исследований. Занимательной стороне явлений, опытов отводится второстепенное место, и в этом одна из особенностей внеклассной работы в старших классах. Здесь она призвана прежде всего отвечать юношеской потребности в делах общественно значимых, результативных, получающих общественную оценку. Старшеклассники могут радиофицировать и телефонизировать школу, оборудовать учебные кабинеты, выполнять задания местных предприятий, учреждений, совхозов и колхозов, участвовать в рационализации и изобретательстве. Особенность внеклассной работы в старших классах состоит также в значительном повышении самостоятельности и творческом подходе учащихся при выполнении различного рода поручений. Эта работа открывает возможности не только для теоретического осмысления физических явлений, к чему безусловно тяготеют старшеклассники, но и для осуществления разнообразных практических действий, для деятельности трудовой, в известной мере профессиональной, к которой готовятся учащиеся старших классов.

14 Основные формы внеклассной работы в старших классах представлены в таблице 11.1.

15 Внеклассная работа — составная часть учебно-воспитательной работы, она требует постановки целей (общих и частных), определения задач, планирования, учета и анализа результатов деятельности. При планировании и проведении внеклассной работы по физике, кроме интересов и стремлений школьников, учитель принимает во внимание и собственные интересы и возможности, так как руководство внеклассной работой требует увлеченности и высокой квалификации. В ряде случаев к внеклассной работе целесообразно привлекать сотрудников шефствующих предприятий, преподавателей и студентов вузов, а также родителей, обладающих соответствующей квалификацией. И в этом еще одна особенность внеклассной работы в старших классах.

Массовые	Групповые	Индивидуальные
1. Вечера физики и техники 2. Недели и декады физики 3. Физический лекторий (устные журналы) 4. Олимпиады 5. Конкурсы (физические КВН)	1. Кружки: физико-технический; радиотехнический; кинофотодела; моделирования и конструирования; решение задач повышенной трудности 2. Секции научного общества учащихся (НОУ): экспериментаторов; теоретиков	Задания отдельным учащимся: усовершенствование и конструирование приборов; разработка оригинальных вариантов опытов и демонстраций; проведение опытов с элементами исследования; решение экспериментальных олимпиадных задач; выборка из центральной и местной печати материалов о развитии отдельных отраслей народного хозяйства и т. п.; подготовка сообщений, докладов

2. Кружковая работа

Основной формой внеклассной работы по предмету в старших классах являются кружковые занятия. Физический кружок объединяет учащихся по интересам (10—15 человек), работает планоно и систематически. Руководит кружком учитель или специалист соответствующей квалификации. Из членов кружка выбирают старосту; при проведении различных массовых мероприятий или выполнении разнообразных видов работ назначают ответственных за них. Все члены кружка имеют индивидуальные или групповые задания или поручения, о выполнении которых отчитываются на занятиях кружка. Большое воспитательное значение имеет ознакомление с итогами работы кружка всего коллектива учащихся школы. Они могут быть представлены (оформлены) в виде выставок, бюллетеней, стендов или в форме конкурсов, олимпиад, вечеров и т. п.

По содержанию работы физические кружки можно разделить на физико-технические, теоретические и комплексные (или общефизические).

В физико-технических кружках учащиеся выполняют практические работы, занимаются моделированием, конструированием. Однако это не исключает, а предполагает расширение и углубление теоретических знаний. Так, например, в радиотехническом кружке школьники не только собирают транзисторные приемники, но и углубляют знания об электрических свойствах полупроводников, изучают режим работы транзисторов. Тематика физико-технического

кружка определяется, исходя из склонностей и запросов учащихся, а также потребностей школы и кабинета физики в конкретных делах (радиофикация и телефонизация школы, оборудование физического кабинета и т. д.). В этом случае могут быть созданы кружки широкого профиля: моделирования и конструирования, изобретательства и рационализаторства — и узкого профессионального характера: фото- и кинодела, радиотехнический и т. п. Интересный опыт работы физико-технического кружка описан в книге В. Г. Разумовского [26].

В школьной практике работу физических кружков организуют чаще всего так, что она включает в себя и углубление теоретических знаний, и разработку демонстрационных опытов, и решение задач повышенной трудности, и изготовление физических приборов, т. е. эта работа носит комплексный характер. В таком кружке каждый ученик находит себе работу по душе, в соответствии со своими интересами, склонностями и способностями. Тематика занятий такого кружка разрабатывается учителем так, чтобы она была связана с изучением соответствующего программного материала и способствовала углублению и расширению знаний, приобретенных на уроках, выработке умения применять их на практике. Примерный план работы такого кружка в VIII классе приведен в таблице 11.2.

Литературу учащимся для сообщений, подготовки демонстрационных и лабораторных опытов, изготовления моделей и установок подбирает учитель.

По содержанию и структуре работы к кружку близко школьное научное общество учащихся (НБОУ). Цель НБОУ — расширить объем научно-технических знаний старшеклассников, пробудить у них интерес к научной деятельности, привить умения проводить опыты с элементами исследований, развить некоторые приемы технического творчества. Работа общества проводится обычно по двум направлениям: занятия различных секций и пропаганда научных знаний. На общем собрании членов общества избирается совет, который собирается раз в месяц для обсуждения текущих дел, совет может иметь свою стенную газету, в которой освещаются новости науки и техники, работа секций и отдельных членов общества.

В школьном научном обществе работают секции теоретиков и экспериментаторов (физиков, химиков, биологов и др.). Каждая секция имеет свою программу. Например, члены теоретической секции изучают вопросы теории, истории науки и техники (зачастую своего края, области), готовят рефераты, выступают с докладами и сообщениями в школе перед учащимися различных классов, участвуют в конкурсах по решению задач повышенной трудности, проводят конференции и т. п.

В экспериментальной секции чаще всего изготавливают и конструируют физические приборы и установки. Эта работа вызывает у ребят неизменный интерес, поскольку наряду с практическими и конструкторскими навыками они приобретают и теоретические знания. Работая над изготовлением прибора, учащиеся должны не толь-

№ занятия	Тематика занятий	Виды деятельности учащихся, ответственные, сроки проведения
1	1) Организационное. 2) История развития механики	1) Утверждение плана работы кружка. Выбор старосы, редколлегии, распределение поручений. 2) Беседа учителя (с демонстрацией картин, диапозитивов и т. п.)
2—3	Прямолинейное и криволинейное движение	1) Сообщения учащихся (с демонстрацией схем, рисунков, диапозитивов и т. п.): понятие о баллистике; артиллерия и боевая ракетная техника; аппараты для исследования космоса. 2) Изготовление простейших моделей: артиллерийского орудия; различных видов ракет
4—5	Законы динамики Ньютона	1) Сообщения учащихся (с демонстрацией картин, диапозитивов и т. п.): жизнь и деятельность И. Ньютона; основные положения классической механики; законы механики при больших скоростях движения тел; принцип относительности в механике. 2) Подготовка опытов на законы динамики (с последующей демонстрацией их кружковцами на уроках физики). 3) Выпуск бюллетеней: из истории открытия законов динамики; «Знаете ли Вы, что ...»; занимательная механика (раздел динамики)
6—7	Силы в природе	1) Сообщения учащихся (с демонстрацией схем, картин, диапозитивов, фрагментов диа- и кинофильмов): гравитационные силы (сила тяжести у поверхности Земли, сила всемирного тяготения, сила тяготения и вес); силы упругости (деформации и силы упругости; деформация тел под действием силы тяжести; закон Гука, его учет в технике); силы трения (трение покоя и трение скольжения; силы сопротивления при движении твердого тела в жидкостях и газах). 2) Подготовка демонстрационных опытов по теме с постановкой их на уроках и вечере физики. 3) Выпуск бюллетеней: сила тяготения и вес, невесомость; полезное и вредное проявление трения в технике и быту. 4) Оформление стенда «Жизнь и деятельность И. Ньютона»
8	Вечер по физике	В подготовке и проведении физическо-го вечера на тему «Законы динамики» принимают участие все члены кружка
9	Подъемные машины и сила тяжести	1) Обсуждение итогов проведения вечера физики, поощрения организаторов и активных участников.

№ занятия	Тематика занятий	Виды деятельности учащихся, ответственные, сроки проведения
10—12	Законы сохранения в механике	<p>2) Сообщения учащихся (с демонстрацией схем, картин и диапозитивов): загадка древних сооружений и скульптур; подъемные машины древности; современные подъемные машины</p> <p>1) Сообщения учащихся (с демонстрацией схем, чертежей, диапозитивов, фрагментов диа- и кинофильмов): законы сохранения — наиболее общие законы природы; движение тел переменной массы; законы сохранения энергии в механике.</p> <p>2) Подготовка оригинальных демонстрационных опытов по теме.</p> <p>3) Выпуск бюллетеней: применение законов сохранения при решении задач по механике; «Знаете ли Вы, что...».</p> <p>4) Оформление стенда «Успехи СССР в освоении космического пространства».</p> <p>5) Изготовление простейших моделей, действующих на основе законов сохранения</p>
13	Из истории открытия закона сохранения энергии	<p>1) Сообщения учащихся: из истории открытия закона сохранения и превращения энергии; некоторые проекты «вечного двигателя».</p> <p>2) Проведение конкурса занимательных вопросов, задач и опытов, подобранных кружковцами</p>
14	Открытое занятие	<p>1) Подготовка и проведение на заключительном открытом занятии кружка физической викторины по механике; конкурса на лучшее и быстрое решение задач; объяснения опытов и ответов на вопросы.</p> <p>2) Осмотр экспозиции, подготовленной кружковцами за год</p>

ко представлять его назначение, но и понимать природу физического явления, демонстрируемого с помощью этого прибора. Руководитель кружка должен добиваться, чтобы учащиеся обязательно говорили об этом на заседаниях секции, демонстрируя свои приборы и установки. Ученикам нужно также разъяснять требования, предъявляемые к приборам (наглядность и четкость демонстраций, простота конструкции, хорошее внешнее оформление, необходимость для иллюстраций изучаемых явлений и т. д.). С изготовленным прибором ученик сам проводит все те опыты, для которых он предназначен. Практика показала, что целесообразнее начинать с изготовления электровикторин, электрифицированных стендов и приборов, которые будут использоваться на ближайших уроках, чтобы круж-

ковцы быстрее почувствовали важность для всего коллектива результатов проделанной ими работы. Затем можно поручать им конструирование более сложных приборов, например: кусачек, которые при обычной длине ручек и губок давали бы в несколько раз больший выигрыш в силе, чем обычные; прибора для автоматической записи графика пути горизонтально движущейся тележки; прибора для автоматической записи графика пути свободно падающего тела и др. Таким же образом усложняются и работы исследовательского характера. Вначале это простые задания: определить процентное содержание воды в мокром снеге; установить, сколько воды может абсорбировать (впитывать) бумажная салфетка, и т. п. Затем выполняются задания более сложные: исследовать электрические свойства материалов или различных участков почвы; определить вес автомобиля, не взвешивая его, а исследуя его баллоны, и т. п. [6, с. 125—128].

Экспериментальная секция НОУ школы может работать и над одной определенной проблемой, например по заданию шефствующего предприятия, совхоза или колхоза заниматься отдельными вопросами агрофизики или металлографии и т. п. Исследовательская работа старшеклассников может носить как теоретический, так и экспериментальный характер. Так, учащиеся с большим интересом ставят опыты по изучению влияния электростатического поля и рентгеновских лучей на всхожесть семян и урожай растений, атмосферного электричества на развитие растений и др. [33, с. 163—170]. Опыт показывает, что исследовательская работа учащихся на внеклассных занятиях может быть увлекательно поставлена и в отдаленных сельских школах [39], и при крупных высших учебных заведениях страны [48].

3. Вечера физики и техники

Из массовых форм внеклассной работы по физике в старших классах наибольшее распространение получили вечера физики и техники. При подготовке и проведении вечера физики и техники представляется возможным познакомить учащихся с выдающимися достижениями отечественной науки, техники и отдельных отраслей народного хозяйства; рассказать отдельные эпизоды из истории русской и советской науки; познакомить с биографиями крупнейших ученых и изобретателей; показать борьбу научных идей; разоблачить религиозные суеверия и показать, какой вред они приносят. Ознакомление учащихся с жизнью и деятельностью прогрессивных ученых-физиков, таких, как П. Ланжевэн, Ф. Жолио-Кюри, А. Эйнштейн, И. В. Курчатов, способствует воспитанию у учащихся высокого чувства гражданского долга, ненависти к фашизму, силам реакции.

Вечера физики и техники способствуют также формированию диалектико-материалистического мировоззрения, так как на них

глубже, чем на уроках, можно раскрыть причинно-следственные связи между явлениями, полнее рассмотреть свойства вещества и поля, различных форм движения материи. Они помогают учителю сплотить коллектив учащихся, объединить их стремления и интересы. Большое воспитательное воздействие на школьников оказывает подготовка к вечеру. Успех вечера зависит от слаженной работы всего коллектива, от целенаправленной, добросовестной работы каждого в отдельности, умения подчинять свои интересы интересам коллектива. В этой работе раскрываются способности учащихся, углубляются знания, приобретаются полезные умения и навыки.

Можно выделить несколько основных видов физических вечеров: тематические; «Физика вокруг нас»; юбилейные; занимательной физики; вопросов и ответов; атеистические; итогово-отчетные.

Тематика каждого вида весьма разнообразна. Приведем примеры тем лишь некоторых вечеров физики и техники, проводимых в связи с изучением определенных разделов школьного курса, и вечеров, посвященных определенной дате.

Тематика вечеров, связанных с изучаемым на уроках материалом: Атмосферное давление и жизнь на Земле [8, с. 25, 54]. Трение в природе и технике [8, с. 43]. Законы механики на службе человека [8, с. 147]. Закон всемирного тяготения [52]. Закон сохранения и превращения энергии в механических и тепловых процессах [8, с. 57]. Мир тепла и холода [8, с. 189]. Физика твердого тела [43]. Статическое электричество в промышленности и науке [8, с. 200]. Энергетика нашей страны [8, с. 211]. Свет — удивительное явление природы [8, с. 102; 250]. Инфракрасные лучи в военном деле [66]. Атомный век [50]. В мире элементарных частиц [55].

В качестве примера приведем краткое содержание вечера на тему «Физика твердого тела». В первом отделении вечера заслушиваются сообщения учащихся о кристаллах и их использовании в промышленности и технике, о получении искусственных кристаллов, о работе советских ученых в области получения сверхтвердых материалов. В процессе сообщений используются цветные схемы, поясняющие пространственные решетки кристаллов, показываются кристаллы алюмооксидов, медного купороса и сахара, выращенные учащимися, а также иллюстрации кристаллов других видов из книг и журналов. Во втором отделении вечера демонстрируется цветной документальный кинофильм «Академик А. Е. Ферсман», проводится тематическая викторина «Добыча и применение алмазов». Победителям викторины вручаются подарки, например наборы почтовых марок об Алмазном фонде СССР. К вечеру желательно создать альбом о применении кристаллов в тяжелой промышленности, сельском хозяйстве, быту и ювелирном деле, оформить стенд «Кристаллы вокруг нас». Через несколько дней после проведения вечера желательно выпустить фотомонтаж, рассказывающий о нем. Этот фотомонтаж, а также выставку, подготовленную к вечеру, лучше разместить в коридоре школы, чтобы все учащиеся получили представление о проделанной работе.

Тематические вечера: Физика в бою [42]. Физика вокруг нас [49]. Физика и география [51]. Физика и детская игрушка [45; 56]. Физика и спорт [62]. Физика и музыка [8, с. 77; 47]. Физика и космос [8, с. 116; 41]. Физика и сельское хозяйство [8; 53; 67].

Юбилейные вечера: вечера, посвященные знаменательным датам Советского государства [44], крупнейшим советским ученым и изобретателям, знаменательным дням (День радио, День космонавтики и др.) [8, с. 237], юбилейным датам крупнейших деятелей науки и техники прошлого (Архимед, Г. Галилей, И. Ньютон, М. В. Ломоносов и др.) и т. п.

Интересные материалы для подготовки вечеров можно найти в научно-популярных журналах («Наука и жизнь», «Юный техник», «Техника — молодежи», «Знание — сила» и др.), в книгах серий «Жизнь замечательных людей» и «Люди русской науки», в различных очерках о выдающихся деятелях естествознания и техники, публикуемых в периодической печати, в Детской и Большой советской энциклопедиях. При подборе материала к вечеру учитель лишь направляет поиски учащихся в нужной области. Старшеклассники при этом проявляют большую творческую самостоятельность.

Большой популярностью у старшеклассников пользуются вечера занимательной физики, вечера вопросов и ответов. Желательно в такие вечера, кроме показа занимательных опытов, включить еще и показ хороших пьес, картинок-загадок, чтение рассказов-загадок, рассказов, содержащих физические ошибки, а также демонстрацию схем или рисунков [5].

Особое воздействие на формирование научного мировоззрения учащихся оказывают научно-атеистические вечера. Из всех видов внеклассной работы для научно-атеистической пропаганды большое значение имеют общешкольные вечера, организованные при участии всего коллектива учителей. Во многих школах проводятся подобные вечера под названием «Наука против религии». В программу такого вечера включается 3—4 небольших доклада по 10—15 мин из разных разделов знаний. Доклады или сообщения могут так и называться: «Физика против религии», «Химия против религии» и т. д. Доклады сопровождаются опытами, которые вызывают вначале некоторое недоумение, кажутся до некоторой степени «чуждом». К объяснению этих «чудес» привлекаются учащиеся. Затем опыты проводятся повторно с подробными пояснениями. При такой постановке докладов с опытами можно подвести учащихся к важному мировоззренческому выводу, что, пока явление природы не изучено человеком, оно может казаться сверхъестественным. Установление взаимосвязи явлений природы дает возможность понять и объяснить их. Проведение таких вечеров играет большую роль в борьбе с суевериями и предрассудками.

Большую помощь в подготовке атеистических вечеров учителю могут оказать публикации на страницах журнала «Физика в школе» [58]. При подготовке и проведении вечеров с научно-атеистической тематикой следует обязательно учитывать местные условия, контингент учащихся и их родителей. При этом нужно помнить, что атеистический вечер не должен представлять набор

отдельных фрагментов, а должен быть пронизан одной общей идеей. Желательно на такой вечер приглашать не только учащихся, но и родителей. Понятно, что содержание докладов не должно задевать чувства верующих жителей села или района. Следует тактично раскрывать научную несостоятельность наблюдаемых религиозных предрассудков, не подчеркивая отсталость верующих.

Как показывает практика, подготовку к вечеру целесообразно начинать за полтора-два месяца. Учителю очень важно умело подсказать членам физического кружка или инициативной группе учащихся тему вечера и суметь увлечь ею участников. К разработке программы вечера обязательно надо привлечь учеников, внимательно выслушать их суждения и предложения, при этом не следует навязывать им готового проекта или решения. Главное — создать условия для проявления творческой самостоятельности учащихся.

4. Недели и декады физики

В последнее время в практике работы школ получили распространение такие массовые формы внеклассной работы, как недели и декады физики, которые, как и вечера по физике, могут быть посвящены какой-то определенной теме, знаменательной дате, юбилею выдающегося ученого и т. д. Они требуют длительной и тщательно продуманной подготовки. Их проведение должно найти отражение в общешкольном плане воспитательной работы на полугодие. О проведении недели физики школьников извещают красочно оформленным объявлением, в котором указывают срок проведения недели (или декады) физики, условия проведения конкурса на лучший класс за этот период (по участию в конкурсе рефератов, выпуске специальных газет и викторин, подготовке радиопередач, участию в школьной олимпиаде по физике и т. п.). В каждом классе проводятся сообщения и доклады учащихся по тематике недели или декады (например, посвященные Дню радио, успехам атомной энергетики, электрификации страны, Дню космонавтики и т. п.). В младших классах выступают старшеклассники со специально подготовленными сообщениями, сопровождающимися демонстрацией опытов, диапозитивов или диа- и кинофрагментов. Ежедневно перед началом уроков или на большой перемене транслируются радиопередачи, после уроков демонстрируются кинофильмы; в один из дней проводится физический КВН (или «бой») между параллельными классами.

К началу недели (декады) соответствующим образом оформляются кабинет физики и коридор школы (вывешиваются специально выпущенные номера стенных газет, фотомонтажи, например, на тему «Время искать и удивляться»). В рекреации школы оформляется стенд «Физика вокруг нас», вывешиваются транспаранты с высказываниями крупнейших ученых, газеты с «загадочными картинками», по которым предлагаются вопросы (например, «Есть ли в лаборатории радиоактивный изотоп?», «Переменный или по-

стоянный ток подведен к установкам?» и т. п.) или какие-то задания (например, найти ошибку изобретателей, создавших изображенные на рисунке установки и т. п.).

Вечера и недели физики служат хорошим средством пропаганды научно-популярной литературы по физике, приобщая учащихся к самостоятельной работе с ней.

5. Физические лектории

Лекции по физике и технике в школьном лектории читаются для различных аудиторий: для учащихся нескольких параллельных классов школы (зачастую с приглашением старшеклассников соседних школ и ПТУ); для членов кружка, для учеников какого-либо одного класса. В первом случае в чтении лекций принимают участие научные работники, инженеры и техники шефствующих предприятий, а также родители. При этом учитель и лектор подбирают тематику и содержание сообщений согласно интересам и запросам учащихся. Во втором и третьем случае с лекциями выступают члены кружка или учащиеся старших классов, любящие и знающие физику, склонные к публичным выступлениям. В практике работы эта группа обычно оказывается частью физического кружка или секции НОУ. На первых порах учителю приходится помогать членам этой группы: вместе с выступающими намечать план лекции, разрабатывать ее содержание и методику использования наглядных пособий для иллюстраций текста. Начинать работу физического лектория следует с подготовки не более двух-трех тем, каждую из которых готовят несколько учеников: один делает сообщение, другие сопровождают выступление светозвукотехническими средствами наглядности.

Такая массовая форма внеклассной работы приносит пользу всем ее участникам: и тем, кто готовит и читает лекции и сообщения, и тем, кто их слушает.

6. Физические олимпиады

Олимпиады по физике можно проводить в школе между классами на вечере или в неделю физики. Как и на областных и республиканских олимпиадах, в школе полезно давать два рода заданий: решение задач и выполнение эксперимента. Следует иметь в виду, что если олимпиада включается как часть в вечер по физике, то задания должны быть кратковременными.

Для подбора задач можно воспользоваться многочисленными сборниками олимпиадных задач, изданными в последние годы, а также пособиями по физике. Это значительно облегчает подготовку школьной олимпиады и обеспечивает быструю оценку решений.

Вторую группу заданий (выполнение которых иногда проводят вторым туром среди победителей от каждого класса), подбирают

так, чтобы они не требовали больших экспериментальных установок и быстро выполнялись. Например:

1. Имеются весы, разновес, коробка спичек, секундомер. Определить мощность пламени спички.

2. Имеется кусок железа и магнитная стрелка на подставке. Определить, намагничен ли данный кусок железа.

3. В «черном ящике» находится простейшая электрическая схема, от которой выведены четыре клеммы. Определить, что это за схема, при помощи вольтметра с пределом измерения до 6 В и батареи 3336Л.

Победителям физической олимпиады вручают книги с памятными надписями, фотографии школы с автографами учителей, памятные медали, изготовленные в мастерской школы, и т. п.

7. Физический КВН

Физический КВН (конкурс внимательных и находчивых) или физический «бой» очень оживляет внеклассную работу. Он может проводиться и как отдельное мероприятие, и как часть вечера или недели физики. В физическом КВН участвуют две или три команды, состоящие из 6—10 участников от каждого класса. Подготовку и судейство ведет жюри, которое разрабатывает содержание КВН (домашнее задание, вопросы командам), утверждает правила ведения соревнования между командами, оценивает выполнение заданий, подводит итоги, награждает победителей. В состав жюри входят один из завучей школы, учитель физики, представитель комитета ВЛКСМ, победители физических олимпиад, бывшие выпускники школы. Команды выбирают капитанов, название своей команды и девиз.

Начинается КВН обычно с разминки (команды поочередно предлагают друг другу вопросы, задачи-рисунки, задачи-опыты и т. п.), затем выполняется домашнее задание (команды готовят небольшие представления, в которых идет речь о жизни и деятельности одного из физиков, о научных открытиях, о необыкновенных явлениях природы и т. д.). Затем члены жюри проводят конкурс капитанов, давая им задания, и конкурс болельщиков, чаще всего песенно-литературный (например, предлагается исполнить куплеты из песен, в которых имеется «физическое» содержание).

Для конкурса важен выбор темы. Она должна быть доступна участникам, включать основные закономерности и понятия предмета, способствовать развитию мышления и формированию мировоззрения учащихся. Следует иметь в виду, что проведение КВН нельзя затягивать по времени, и на это надо обратить при подготовке особое внимание.

В конкурсы, вечера и недели (декады) физики как составная часть входят викторины и устные журналы. Иногда эти виды внеклассной работы используются и как самостоятельные.

8. Популяризация литературы по физике

Одна из основных задач внеклассной работы по физике — приобщение учащихся к чтению дополнительной научно-популярной литературы. С целью ее решения полезно после проведения вечера или недели декады физики совместно с работниками библиотеки провести конференцию, посвященную книге по физике. Желательно, чтобы на конференции выступили учащиеся, использовавшие в связи с деятельностью в кружке, при подготовке вечера или недели научную, научно-популярную и научно-занимательную литературу. Школьники обычно хорошо рекламируют прочитанное. Эти выступления производят сильное впечатление на слушателей. Такая конференция способствует выработке у учащихся навыков публичных выступлений, углублению знаний, расширяет кругозор в области физики, побуждает активно мыслить.

В физическом кабинете или библиотеке можно сделать небольшие выставки дополнительной литературы по изучаемым темам школьной физики, вывесить список литературы по физике и технике, имеющейся в библиотеке, оформить стенд «Прочти эти книги» с аннотациями на некоторые из них. В стенной газете кружка могут быть введены разделы «Дополнительная литература по физике к теме...», «Олимпиадные задачи по физике», «Занимательные опыты» с указанием литературы. В физическом кабинете желательно выставить пособия для поступающих в вуз, поместить список материалов из журналов «Квант», «Наука и жизнь» и др.

Учащимся-кружковцам старших классов можно давать задания по подбору и составлению списка литературы для внеклассного чтения учащихся VI—VIII классов. На занятиях кружка следует ознакомить ребят с написанием аннотации на научно-популярную брошюру, журнальную статью, затем дать задание выполнить аналогичную работу самостоятельно (полезными при этом могут быть рекомендации, данные в журнале «Квант», 1972, № 1).

Г Л А В А 12

НАУЧНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ТРУДА УЧИТЕЛЯ ФИЗИКИ. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ФИЗИКИ

1. Основное содержание проблемы научной организации педагогического труда

Один из главных факторов, способствующих успешному решению задач коммунистического строительства, — научная организация труда (НОТ). Придавая большое значение НОТ, В. И. Ленин писал, что «именно организация труда ... является самым главным,

коренным и злободневным вопросом всей общественной жизни»¹. Это в равной степени относится и к области образования в целом, и к труду каждого учителя в отдельности.

Научная организация педагогического труда (НОПТ) должна быть направлена на лучшее и более эффективное достижение цели обучения, на повышение качества знаний учащихся, но повышение качества не за счет дополнительных затрат времени учителем (проведение дополнительных занятий, дополнительных дежурств и т. п.), а путем улучшения организации его труда.

НОТ учителя — это непрерывно совершенствующаяся система научно обоснованных мероприятий, обеспечивающих достижение наилучших и наиболее устойчивых результатов в учебно-воспитательном процессе при минимальных затратах сил, средств и времени учителя.

Система мероприятий учителя физики, направленная на совершенствование учебно-воспитательного процесса, незначительно отличается от системы учителей других специальностей, но все-таки процесс обучения физике имеет и свои особенности, в частности: в содержании самого предмета, в соотношении применяемых методов обучения, в организации различных видов самостоятельной работы учащихся и т. д. Эти особенности и определяют специфику содержания НОТ учителя физики.

Обобщение данных периодической печати и результатов исследований позволяет определить содержание НОТ учителя физики и сформулировать следующие его элементы:

1. Профессиональная особенность деятельности учителя состоит в постоянном овладении научными знаниями и последующей передаче их молодому поколению. Поэтому очень важно научить молодого специалиста добывать знания самостоятельно. От уровня организации самообразования учителя зависит эффективность учебного процесса. Оптимизация организации самообразования является поэтому одним из важных вопросов НОТ.

2. Эффективность всякого учебного процесса определяется уровнем его организации. Лишь при оптимальной организации процесса возможно достижение наилучших и наиболее устойчивых результатов. Оптимальный уровень организации практически достигается путем четкого, последовательного, логически связанного построения всех элементов структуры каждого вида деятельности учителя и учащихся при строгом обосновании необходимости каждого элемента, при правильном учете возможностей учителя и учащихся.

3. Одним из основных критериев эффективности учебного процесса является полнота и глубина усвоения учащимися получаемой учебной информации. По характеру усвоения учитель определяет дальнейший ход занятия, выбирает методы обучения, вносит коррективы в структуру учебного материала изучаемой темы, определя-

¹ Ленин В. И. Первоначальный вариант статьи «Очередные задачи Советской власти». — Полн. собр. соч., т. 36, с. 147.

ет форму стимулирования труда учащихся и т. д., т. е. благодаря наличию обратной связи управляет всем учебным процессом. Это управление должно охватывать все виды деятельности учащихся и должно быть оптимальным в существующих условиях.

4. Руководство учебно-воспитательным процессом по физике осуществляется в кабинете физики. Эффективность труда учителя зависит от условий, в которых он протекает. Создание благоприятных психофизиологических, материально-технических и санитарно-гигиенических условий — важная практическая задача школы. Поэтому вопрос оптимизации условий труда является одним из основных в научной организации труда учителя.

5. Повышение эффективности учебного процесса немыслимо без применения новейшего оборудования, наглядных пособий и технических средств обучения. Кабинет физики в современной школе должен быть хорошо технически оснащен. Однако перегружать занятия применением технических средств не следует, так как это отвлекает учащихся и дает обратный эффект. Кроме того, наличие большого числа ТСО и лишние физические приборы, не используемые в практической деятельности, затрудняют работу учителя в кабинете. Поэтому следует обращать внимание на поиск оптимального варианта технического оснащения кабинета, а также на поиск путей наиболее эффективного использования ТСО в учебном процессе. Поиск в этом направлении тоже ведется в рамках НОТ.

6. Важное место в проблеме НОТ занимает культура труда, которая характеризуется качеством знаний и нормами поведения учащихся, а также квалификацией, моральным обликом, манерами поведения и общей культурой самого учителя. Культура труда определяется и взаимным отношением учащихся и учителя с учащимися, а также уровнем требований, предъявляемых к содержанию физических приборов и кабинета физики в целом.

2. Оптимизация условий труда учителя физики

Одна из важнейших задач научной организации труда учителя физики — оптимизация условий его работы. Основным рабочим помещением для него является кабинет физики, от оформления, оборудования и санитарно-гигиенических условий которого зависит не только эффективность труда учителя, но и работоспособность учащихся.

Под физическим кабинетом следует понимать комплекс помещений, в которых сгруппирована система средств обучения физике, специально оформленных и оборудованных в соответствии с требованиями организации труда учителя и учащихся.

К кабинету физики, как и к другим школьным кабинетам, должны предъявляться определенные требования. Осуществление этих требований обеспечит учителю и учащимся:

минимальную психофизиологическую нагрузку, наименьшие утомляемость и напряжение при выполнении разнообразных работ;

удобные рабочие позы и рациональные приемы работы;
выполнение санитарно-гигиенических и эстетических норм и правил техники безопасности;

наименьшую затрату времени на подготовку к занятиям.

Помещение кабинета должно быть достаточно просторным и светлым и по объему должно превышать помещения обычных классных комнат. Это нужно не только для того, чтобы иметь возможность разместить специальное оборудование. При этом принимается во внимание возможность загрязнения воздуха продуктами горения и парами различных веществ, выделяющимися во время физических демонстраций, лабораторных работ и вредно влияющими на здоровье учащихся и учителя. Поэтому необходимо правильно выбрать материал для окраски стен и потолка. При использовании масляной краски в стенах закупориваются все поры, и они не адсорбируют выделяющихся газов. Опыт показывает, что лучшим покрытием является штукатурка с клеевой краской. Потолок покрывают побелкой. Цвет окраски должен быть ровным и спокойным, светлого тона.

Контрастные краски неблагоприятно действуют на зрение и ведут к его ослаблению. В белый цвет окрашивать кабинет нецелесообразно, так как он приводит к большой разнице в яркостях, блескости и явлению слепимости. Стены лучше окрашивать матовыми красками светло-зеленого, светло-сиреневого, светло-голубого, светло-кремового, розово-бежевого цвета с учетом ориентировки помещений к сторонам света. Помещение, обращенное окнами на юг, окрашивать лучше в холодные цвета (светло-голубой, светло-зеленый и т. д.), а на север — в теплые цвета.

Двери должны иметь такой же цвет, что и стены, но более насыщенный, рамы окон — белый или светло-серый. Деревянный пол лучше покрыть линолеумом или пластиком, но не паркетом, поскольку случайно попавшие в щели химические вещества могут явиться очагами загрязнения воздуха.

Для большего доступа дневного света окна кабинета должны быть достаточно большими с легко открывающимися форточками для проветривания. Желательно, чтобы окна находились с левой стороны от учащихся. Это предупреждает образование на бумаге теней от руки и карандаша во время выполнения письменных работ.

Недостаток света утомляет нервную систему и зрительный аппарат, вследствие чего внимание становится неустойчивым и качество работы значительно снижается. Для искусственного освещения надо использовать источник света, обеспечивающий достаточно равномерное рассеянное освещение без изменения физико-химических свойств воздуха. Лучшими являются люминесцентные лампы, поскольку лампы накаливания приводят к изменениям микроклимата в кабинете. Преимущество люминесцентных ламп заключается еще и в том, что они не дают резких теней и довольно ровно освещают большую поверхность.

Для проветривания помещения, кроме имеющихся форточек, должен быть предусмотрен вентилятор.

Не меньшее внимание заслуживает организация рабочего места учителя физики в самом помещении. Большую часть времени он проводит в период занятий в основном в той части физического кабинета, которую условно можно разбить на три зоны: 1) стол учителя, стул, пульт управления ТСО; 2) демонстрационный стол; 3) классная доска, место хранения наглядных пособий (таблиц, плакатов, чертежей и т. д.).

Организовать рабочее место — значит создать удобства для работы путем рационального размещения на ограниченной площади классной комнаты этих зон.

Письменный стол учителя должен представлять собой комбинацию обыкновенного письменного стола, пульта управления ТСО, пульта контроля знаний учащихся программированным методом, хранилища дидактического материала и некоторых наглядных пособий (диапозитивы, диафильмы и т. д.). Желательно его установить на возвышении высотой 20—25 см и под углом 30—40° к продольной осевой линии демонстрационного стола. Такое расположение позволит держать в одном поле зрения одновременно класс, демонстрационный стол и классную доску.

Классную доску лучше всего изготовить из толстослойной фанеры и сверху покрыть линолеумом предпочтительно темно-зеленого цвета с коэффициентом отражения 12—20% (гигиенисты считают этот цвет гораздо более приемлемым, чем черный). Для смягчения контраста при переходе от доски к стене желательно рамку доски окрашивать в более светлые тона, чем тон самой доски. Писать на такой доске следует мягким мелом, чтобы не оставлять на ней царапин. Стирать надписи на доске следует губкой, тряпкой пользоваться неудобно и неэстетично.

Конструкция демонстрационного стола также может способствовать улучшению учебного процесса и рационализации труда учителя, если она в полной мере соответствует требованиям НОТ. Для удобства проведения демонстраций поверхность стола должна иметь достаточно большие размеры. Это объясняется тем, что некоторые демонстрации наиболее эффективны тогда, когда отдельные части установок расположены на значительном расстоянии. Крышку стола можно покрыть геттинаксом или пластиком такого же темно-зеленого цвета, что и доска. Стол с таким покрытием имеет более ровную поверхность, его гораздо легче содержать в чистоте, а указанный цвет лучше воспринимается, не утомляет зрение.

Учитель должен не только сам стремиться к научной организации своего труда, но и учить этому учащихся. Пример работы учителя по организации рабочего места должен найти свое отражение в действиях учеников. Элементы НОТ по рациональной организации рабочего места, полученные ими в школе, выпускники перенесут на производство, в учебные заведения.

3. Экономия времени — одна из основных задач научной организации труда

Одним из важных показателей НОТ является эффективное использование рабочего времени.

Учитель должен ценить время, правильно его распределять и использовать. Ценить время — значит уметь с достаточной степенью точности определить время начала и окончания различных видов деятельности, а также уметь заранее планировать свой труд на любой отрезок времени. Учитель должен уметь искать резервы времени во всех звеньях своей деятельности.

Значительные резервы времени можно найти и в организации урока, что приводит к повышению его эффективности.

При объяснении нового материала учитель, как правило, вынужден затрачивать время на вычерчивание на доске рисунка, чертежа или схемы, а также на написание текстов условий задач при проведении контрольной работы по физике. Расход времени на осуществление этих операций можно значительно сократить, если несколько усовершенствовать конструкцию классной доски. В настоящее время широкое распространение находят доски с увеличенной площадью рабочей поверхности, что достигается навешиванием на петлях к основной доске в виде дверок двух или трех дополнительных досок, оклеенных с двух сторон линолеумом. Это дает возможность не только увеличить площадь доски, но и заранее на внутренней ее стороне приготовить чертеж или условие задачи, не расходуя на это время на уроке. С этой же целью можно использовать небольшие переносные доски из линолеума или дерматина. Выигрыш во времени с использованием подобных досок особенно значителен, если учитель ведет уроки в нескольких параллельных классах.

Особенно много времени расходует учитель физики на уроке на сборку электрических цепей и различных установок, необходимых для проведения демонстраций. Поэтому здесь нужно все продумать до мелочей, чтобы все находилось под рукой и не приходилось бы тратить время на поиски штативов, подставок, проводов и т. д.

Собирать установку можно заранее, до урока, но она занимает место на демонстрационном столе, мешая проводить другие демонстрации, если их несколько, часто закрывает собой написанное на доске, отвлекает внимание учащихся. Кроме того, при этом отсутствует элемент неожиданности, что является важной стороной восприятия. Выход из этого положения учитель может найти в усовершенствовании конструкции демонстрационного стола, классной доски или в применении специальных приспособлений.

Если стена, к которой прикреплена классная доска, представляет собой перегородку между классной комнатой и лаборантской, то сквозь нее и среднюю часть классной доски, к которой прикреплены три равные по площади дополнительные доски, можно проделать сквозной проем в лаборантскую комнату. Этот проем и можно

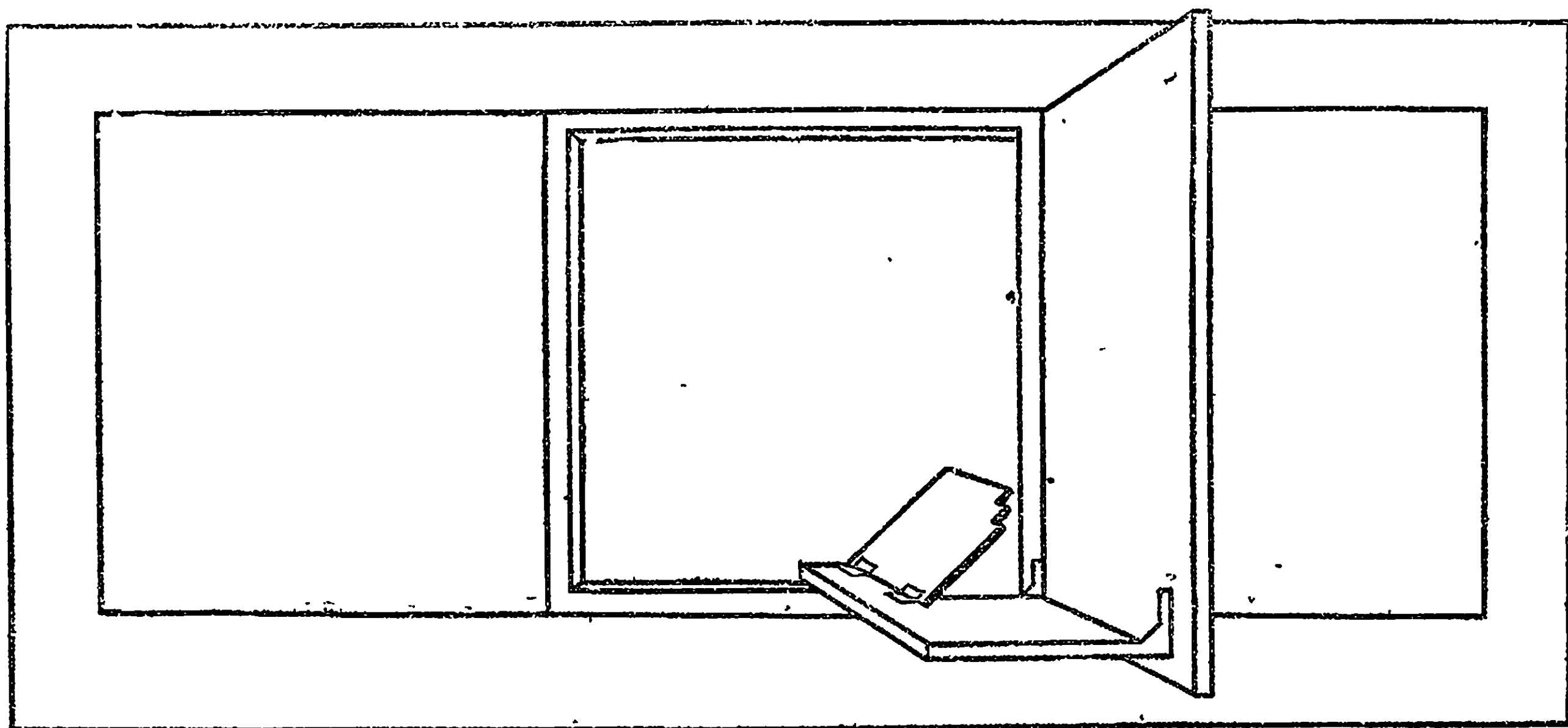


Рис 12.1

использовать в целях сокращения времени на подготовку и проведение демонстраций. Для этого со стороны лаборантской комнаты к средней дополнительной классной доске прикрепляют полку примерно на уровне демонстрационного стола, на которой располагают собранную установку.

При повороте средней дополнительной доски на 180° вокруг вертикальной оси вращения полка вместе с установкой оказывается в зоне видимости учащихся (рис. 12.1).

Если в кабинете физики имеется лаборант, то при необходимости использование подобной полки позволяет учителю показать учащимся несколько демонстраций практически без всяких потерь времени, не выходя из своей комнаты, так как лаборант, не отвлекая внимание ни учителя, ни учащихся, может разобрать старую и собрать новую установку по схеме, заранее данной учителем. Кроме выигрыша во времени, это приспособление значительно облегчает труд учителя и лаборанта, позволяет увеличить количество демонстраций, экспериментальных задач, что соответственно способствует повышению качества знаний учащихся.

Одна из наиболее сложных в методическом отношении частей урока — учет знаний учащихся. Учебный процесс желательно организовать так, чтобы каждый ученик ежедневно имел возможность показывать учителю результаты своего домашнего труда.

Во многих случаях время на проверку выполнения домашнего задания традиционными способами можно сократить путем сочетания одновременного проведения нескольких видов деятельности учащихся: 2—3 ученика могут выполнять задания у доски, 4—5 учеников могут выполнять задания на своих местах (условия этих заданий написаны учителем на специально приготовленных карточках), один ученик отвечает, другой может затем продолжить его рассказ, остальные внимательно следят за отвечающим учеником, вносят свои исправления, добавления к его рассказу, за что также могут быть поощрены соответствующей оценкой. Такое сочетание

видов работы позволяет учителю проверить знания у большого числа учащихся.

Но традиционные методы не позволяют, однако, проверить знания всего класса и занимают по времени значительную часть урока.

В настоящее время широкое распространение получил способ проверки знаний с помощью тестов и перфокарт, сущность которого подробно описана в методической литературе [22]. Одно из достоинств этого способа — возможность за небольшой промежуток времени получить сведения об усвоении знаний каждым учеником класса.

Рационально использовать время нужно не только на уроке, но и во время перемены. Перемена — важное условие восстановления работоспособности учителя. Он же часто вынужден заполнять ее разного рода работой (подготовка демонстраций, наглядных пособий и т. д.).

В условиях кабинетной системы затрата времени и сил при подготовке к уроку должна быть сведена к минимуму.

Как правило, особенно много времени тратится на поиски нужных приборов, диапозитивов, диафильмов и т. д. В организации правильного хранения и систематизации имеющегося в кабинете оборудования, наглядных пособий и дидактических средств следует искать резервы времени при подготовке к уроку. Печатные наглядные пособия по физике следует разместить в определенных местах и внести в список, который лучше составить по классам и по темам.

Диафильмы, диапозитивы и другие проекционные пособия должны иметь номер, который пишется обычно на коробочке сверху, и под этим номером они вносятся в соответствующие списки. Весь разработанный материал (условия задач, перечень лабораторного оборудования к физическим демонстрациям, тесты, программы для программно-контрольных устройств) хранится в папках тоже в определенной системе.

Физические приборы лучше хранить в шкафах по разделам, установить их следует так, чтобы все приборы были на видном месте.

Таблицы по физике должны иметь подвески, а не прикалываться каждый раз к доске кнопками, так как от этого изнашиваются таблицы, ухудшается поверхность доски, расходуется время. Картины, портреты ученых, таблицы, которые редко используются для демонстраций, можно прикреплять к доске магнитами. Для этого между линолеумом и толстослойной фанерой, из которых сделана классная доска, нужно поместить лист тонкой жести. Этот лист может одновременно выполнять роль щита для набора по статике с магнитными держателями, на котором удобно и быстро можно показать явление сложения и разложения сил, проверить правило моментов и т. д.

Большую помощь при подготовке к уроку могут оказать учащиеся (члены физического кружка, дежурные).

Часть перемены следует уделить анализу прошедшего урока. ИОТ требует от учителя анализа каждого урока, выявления по-

ложительных и отрицательных сторон, моментов нерационального использования времени. Из проведенного анализа нужно сделать выводы, которые следует учитывать на последующих уроках в параллельных классах. Более подробный анализ с последующим внесением соответствующих дополнений и исправлений в план урока, чтобы избежать недостатков в дальнейшей работе, проводится дома. По этой причине план урока лучше писать на одной стороне небольших отдельных листов бумаги. Небольшой лист хорошо просматривается, листы с большим количеством дополнений и исправлений следует переписать, фамилии вызываемых учеников и другие данные, учитывающие специфику данного класса, написанные карандашом, нужно стереть, и этот план вполне можно использовать в последующей работе. Все это позволяет сократить время подготовки учителя к занятиям, а освободившееся время учитель может использовать на самообразование, на чтение методических журналов, художественных книг, просмотр телепередач. Нет сомнения, что учитель, который плохо осведомлен о том, что происходит в сфере его специальности и организации учебного процесса, не может добиться хороших результатов в работе.

Экономии времени при подготовке к занятиям можно добиться при хорошей организации рабочего места в домашних условиях. Здесь также следует тщательно продумать систему хранения учебников, учебных пособий, справочной литературы, чтобы не тратить время на поиски их.

Большую помощь учителю в экономии сил и времени при подготовке может оказать специально заведенная им картотека, в которой указываются номера страниц и названия источников, в которых описаны интересные опыты, задачи, внеклассные мероприятия по физике, передовой опыт преподавания физики и другие нужные для работы сведения.

Таким образом, проблема рационального использования рабочего времени должна охватывать все виды деятельности учителя. Эта проблема может решаться разными путями и средствами, но решать ее необходимо каждому учителю, так как правильное решение будет способствовать его освобождению от ежедневного механического труда и созданию всех условий для творческого роста педагогического мастерства и всестороннего развития личности учителя.

4. Роль технических средств обучения в решении проблемы научной организации педагогического труда

Одним из способов повышения эффективности учебного процесса является применение современной техники — кино, радио, телевидения, аппаратуры статической проекции, аппаратуры для записи и воспроизведения звука, машин программированного обуче-

ния. Среди них важное место занимает учебное кино, а также телевидение, систематические учебные передачи по которому ведут сейчас все телевизионные центры страны. Специальные программы, согласованные с органами народного образования, составлены таким образом, что они не дублируют, а дополняют и углубляют содержание учебника и материал, преподносимый на уроке учителем. Важно также то, что темы телепередач совпадают по времени с изучением соответствующего материала в школе. Расписание телепередач, а иногда и краткие аннотации к ним выпускаются телевизионными центрами для учителей заранее, чтобы облегчить их использование в учебном процессе. Телепередачи и кинофильмы позволяют учащимся совершать экскурсии в труднодоступные места (в космос, на дно океана), наблюдать различные медленные процессы (например, выращивание кристаллов), более глубоко изучать сложный учебный материал на основе объяснения наиболее квалифицированных преподавателей.

Следует, однако, помнить общее правило: кинодемонстрации или телепередачи должны органически вписываться в урок, а не превращаться в киносеансы.

Большое значение в настоящее время приобретает использование в учебном процессе статической проекции, которая перед учебным кино имеет свои преимущества. Диапозитивы, диафильмы, специально подготовленные фотографии, вырезки из журналов, чертежи, рисунки, предназначенные для эпипроекции, — все это необходимые наглядные пособия.

Использование экранных пособий позволяет в значительной степени сократить потери учебного времени, облегчить труд учителя в целом.

За последнее время количество и качество технических средств обучения быстро растет. Задача учителя состоит в том, чтобы из наличия имеющихся в школе средств выбрать необходимые, отвечающие в наибольшей степени следующим требованиям НОПТ: 1) затраты времени, необходимого на приведение ТСО в действие, минимальны; 2) ТСО просты в управлении, безотказны в работе и имеют малые габариты; 3) ТСО снабжены дистанционным управлением.

Из всех имеющихся технических средств для проекции диафильмов и диапозитивов в условиях школы лучшими по своим техническим качествам и одновременно в большей степени удовлетворяющими требованиям НОПТ являются соответственно проекторы «ЛЭТИ» и «ПРОТОН», так как они имеют дистанционное управление и создают достаточно мощные световые потоки. Для эпипроецирования рисунков из книг или фотографий необходим эпидиаскоп.

Отсутствующее у обычных фильмоскопов и проекторов дистанционное управление можно изготовить силами учащихся старших классов под руководством учителя на занятиях физического кружка. Механизмы дистанционного управления сменой диапозитивов и перемещением ленты диафильма для проекционной аппаратуры описаны подробно в методической литературе.

Для дистанционного управления кинопроектором его пакетный переключатель выносят и располагают там, откуда необходимо вести управление.

Нужным для физического кабинета проекционным устройством является кодоскоп («оптическая доска»). С его помощью получают яркие изображения текстов, рисунков, чертежей, выполненных на любом прозрачном материале.

Проецирование на классную доску или экран с помощью кодоскопа можно осуществлять непосредственно с демонстрационного стола, причем учитель по ходу объяснения может дополнять на чертеже недостающие его части.

Большие возможности появились у учителя при использовании кодоскопа для проверки знаний учащихся. Каждый из учеников получает от учителя небольшой кусок полиэтиленовой пленки, на котором шариковой ручкой записывает ход решения задачи, чертеж или просто нужные формулы. После выполнения задания можно быстро спроецировать на доску или экран при помощи кодоскопа пленки, заполненные несколькими учащимися, и проанализировать допущенные ошибки.

Все проекционные устройства лучше всего установить стационарно и дистанционное управление каждого вывести к общему пульта. Пульт управления ТСО лучше всего расположить на столе учителя.

Перед уроком учитель (лаборант) заранее подбирает нужные диафильмы, диапозитивы, кинокольцовки, рисунки из книг и приводит в готовность проекционные устройства. Каждое из них он может включить с общего пульта в любой нужный момент урока, не расходуя времени на подготовку, не перемещаясь по классу от одного проекционного устройства к другому и не отвлекая этим внимания учащихся.

Место и способ установки проекционных устройств в кабинете физики учитель определяет сам в зависимости от размера и планировки кабинета, а также технических качеств имеющихся проекционных устройств и наличия затемнения.

Устройство механизма затемнения может быть любым и зависит от материала штор, их размеров, от числа окон в кабинете и их расположения. Но использование экранных пособий в затемненном помещении создает для учителя и учащихся ряд существенных трудностей: учащиеся не имеют возможности в ходе просмотра кинофильма или диафильма делать необходимые записи, резкий переход от света к темноте и наоборот отрицательно влияет на зрение; теряется контакт учителя с классом при объяснении учебного материала.

В настоящее время стали выпускаться проекционные устройства с более мощными световыми потоками, применение которых не требует полного затемнения. Полного устранения перечисленных выше недостатков можно добиться в кабинете с дневным экраном на просвечивание. В простейшем случае роль подобного экрана может

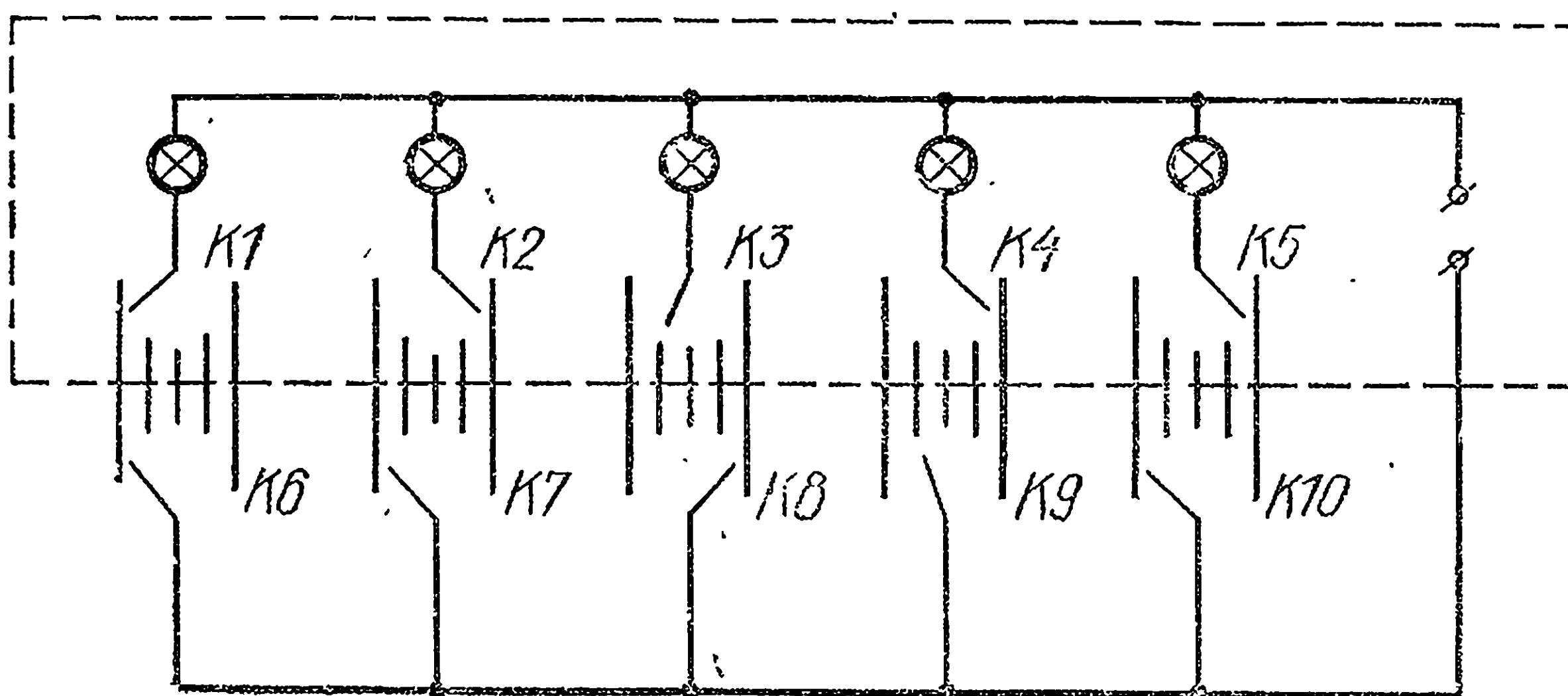


Рис. 12.2

выполнять калька, помещенная между двумя тонкими листами органического стекла. Подобный экран можно установить на петлях в виде «дверцы» сбоку проема в стене между классной комнатой и лаборантской. Проекционные аппараты в этом случае следует установить в лаборантской комнате так, чтобы изображение от каждого попадало на экран. Чтобы изображение получилось отчетливым, лаборантская комната должна быть затемнена.

Широкое применение в учебном процессе находят магнитофоны. С их помощью можно заранее записать комментарии и пояснения к демонстрируемым экранным пособиям, что позволит более четко регламентировать урок и сконцентрировать внимание учителя на последующих его этапах.

Наряду с техническими средствами информации необходимы технические средства контроля, с помощью которых можно проверить знания у большого числа учащихся и сократить время опроса. Наиболее распространенными в настоящее время являются «Огонек-1», «КИСИ-5», «Ласточка», «Альфа» и др.

Простейшее контролирующее устройство учащиеся могут сделать на занятиях кружка. Схема этого устройства показана на рисунке 12.2. Корпусом служит небольшая коробочка из пластмассы или дерева, крышка которой закрывается учителем так, чтобы учащиеся не могли увидеть положение внутренних переключателей ($K1—K5$). Положение каждого из внешних переключателей ($K6—K10$) соответствует номеру выбранного из числа предложенных ответов на сформулированный в программе вопрос.

Программы учитель составляет заранее и раздает учащимся вместе с контролирующим устройством. Правильность ответов он определяет по числу горевших лампочек.

Таким образом, комплексное использование ТСО открывает большие возможности в решении проблемы НОПТ, так как создает значительные удобства для учителя и учащихся, ведет к экономии учебного времени.

ЭЛЕМЕНТЫ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ТРУДЕ УЧИТЕЛЯ

1. Владение элементами научно-исследовательской работы — необходимое требование к подготовке учителя физики

От учителя требуется умение постоянно совершенствовать свои знания, вносить в работу дух активного творчества, осуществлять научный подход к решению разнообразных проблем, возникающих в учебно-воспитательном процессе. Поэтому учитель должен владеть методами педагогического исследования. Научное творчество учителей проявляется прежде всего в области совершенствования учебно-воспитательного процесса: содержания и методов обучения, форм учебных занятий, повышения воспитывающей роли обучения и т. д. Школьными учителями начали свой творческий путь видные отечественные ученые, основатели советской методики преподавания физики П. А. Знаменский, И. И. Соколов, Е. Н. Горячкин, А. В. Перышкин и др.

Включение учителей в творческие поиски путей совершенствования различных сторон учебного процесса в последние десятилетия приобретает все более широкий размах. Современная теория воспитания и обучения создается на основе исследований, проводимых учеными-педагогами при самом активном участии учителей школ. Большой вклад в педагогическую науку и практику вносит обобщение передового педагогического опыта. Многие творчески работающие учителя школ делятся на страницах журналов и газет опытом своей работы.

Каждому учителю для успешного проведения исследований необходимо овладеть умением вести целенаправленные наблюдения, фиксировать их результаты, анализировать, сравнивать, сопоставлять и обобщать обнаруженные факты, осуществлять их проверку. Важно выработать в себе также умение прогнозировать результат исследования, проводить несложные эксперименты, получить навыки работы с книгой, справочной литературой, систематическим и алфавитным каталогами, библиографией.

Формирование этих умений и навыков неразрывно связано с изучением методов научного исследования, методики их применения.

2. Основные методы дидактических исследований

В методике преподавания физики применяются следующие основные методы исследования: теоретическое изучение проблемы, наблюдение, опрос, изучение передового опыта преподавания физики,

педагогический эксперимент. Овладеть методами исследования — это не только изучить их, знать сущность каждого, но и уметь применять их в практике своей работы.

Деятельность учителя физики сводится к тому, чтобы обучать учащихся физике и воспитывать их. Обучение и воспитание — две стороны единого неразрывного процесса. Для успешного решения этих сложных задач учителю физики необходимо овладеть методами исследования, применяемыми в педагогике и психологии.

Теоретическое изучение проблемы. Сущность этого метода заключается в выявлении степени соответствия содержания курса физики, а также форм и методов обучения физике современному уровню науки и задачам преподавания на основе систематического и тщательного изучения специальной литературы. При работе с литературными источниками необходимо уметь делать записи, которые содержат новые мысли, вопросы, важные положения и выводы авторов, а также собственные предположения, сомнения и критические замечания. Взяв из литературы все ценное по интересующему вопросу и критически переработав, можно прийти к собственному выводу, который может отличаться от выводов каждого из авторов. Рецензия или обзорная статья на несколько литературных источников по одной какой-то проблеме уже представляет собой творческую работу, которая может перерасти в самостоятельное исследование.

Теоретическое изучение проблемы по литературным источникам — это составная часть исследовательской деятельности.

Наблюдение. Научное наблюдение можно определить как «метод познания действительности на основе непосредственного восприятия»¹.

Различают прямое и косвенное наблюдение. Прямое наблюдение характеризуется тем, что исследователь изучает интересующее его явление или процесс непосредственно. Метод косвенного наблюдения состоит в том, что об интересующих его явлениях исследователь узнает через других лиц, которые вели наблюдение нужного явления.

Косвенное наблюдение по сравнению с методом прямого наблюдения часто дает экономию времени и энергии. Например, для определения умения учениками применять знания, полученные при изучении физики, на практике, одному исследователю потребуется много времени, а классный руководитель, учителя, работающие с данным классом, родители учащихся повседневно сталкиваются с ними и могут быть теми компетентными лицами, мнение которых можно обобщить и прийти к определенному выводу.

Если, например, учитель поставил перед собой цель определить зависимость качества знаний учащихся по физике от умения правильно организовать свой труд, то необходимо сначала тщательно продумать всю методику организации наблюдения в соответствии с предполагаемым результатом. Очевидно, в данном случае следует

¹ Большая советская энциклопедия, 2-е изд. М., т. 29, с. 7.

предположить, что успехи сильных учеников в какой-то мере обусловлены умением правильно и разумно организовывать свой труд при выполнении заданий учителя.

В соответствии с этим предположением учитель мысленно выделяет в классе две небольшие группы (одну — из сильных учащихся, другую — из слабых), за которыми и нужно вести наблюдение. Далее встает вопрос: что наблюдать? Для решения этого вопроса учитель должен конкретизировать поставленную выше цель, т. е. выяснить, из каких простых элементов состоит организация труда школьника. Сюда, видимо, следует отнести умение учащихся заранее приготовить все необходимое для урока и навести порядок на своем столе, умение быстро настроить себя на выполнение задания, умение продумать порядок его выполнения, разумно сочетать различные виды работ (вычисления, измерения, запись) и т. д.

При проведении наблюдений за деятельностью учащихся желательно не ограничиваться простым протоколированием наблюдаемого, а применять технические средства (магнитофонную запись объяснений учителя и ответов учащихся, метод фото- и киносъемки, хронометраж времени и т. д.). Это поможет проследить за влиянием применяемых учителем методов обучения на внимание учащихся, на их эмоциональный настрой на уроке, на отношение к выполнению предложенной учителем самостоятельной работы, что в конечном итоге определяет успех учебной деятельности учащихся. Затем необходимо сравнить результаты наблюдений в обеих группах и сделать вывод.

Опрос. К опросу относятся беседа и анкетирование.

Проведение беседы требует от исследователя определенных умений и навыков: умения вступить в контакт с учащимися, учитывать их личные качества, психическое состояние, направить беседу в нужное русло и т. д. Большое значение имеет и сама техника проведения беседы (создание атмосферы доверия, соблюдение педагогического такта).

Если цель исследования не затрагивает личность ученика, то результаты исследований можно быстро получить путем односторонней беседы, в которой один только задает вопросы, а собеседник только отвечает (интервью).

Особое внимание следует уделять формулировке вопросов, которые исследователь намерен предложить в ходе беседы. При этом желательно избегать слишком прямых и общих вопросов и выяснять интересующее косвенно. Например, учителя интересует наличие способности у ученика к изучению физики. Вопрос: «Как ты думаешь, есть ли у тебя способности к физике?» — наверняка поставил бы ученика в сложное положение.

В данном случае целесообразно спросить ученика о том, какие приемы использует он при решении задач, изучении нового материала, сколько времени тратит на выполнение домашнего задания, какие трудности испытывает при работе и т. д.

Результаты беседы фиксируются по-разному. Лучше всего за-

помнить ход беседы и потом все записать. Это связано с тем, что большинство исследуемых чувствуют себя скованно, когда знают, что их речь записывается. Для получения более объективных выводов целесообразно применять в процессе беседы магнитофонную запись.

Анкетный метод имеет некоторое сходство с методом беседы. Здесь также ставят вопросы и получают ответы, но в письменном виде. Одно из достоинств анкетного метода состоит в том, что он позволяет охватывать большой круг людей. Вопросы в анкете могут быть:

1) открытыми, когда испытуемый дает ответы в любой форме и характер их заранее не предусмотрен;

2) закрытыми, когда испытуемый должен выбрать один или несколько вариантов ответов из ряда предложенных;

3) полужакрытыми, когда исследуемый, кроме возможности выбора ответа из числа предложенных, может высказать свое собственное мнение в любой форме.

Вопросы должны быть простыми и понятными. Возможные ответы на них желательно предусмотреть заранее, иначе можно получить информацию, не поддающуюся классификации.

Составленную анкету желательно сначала опробовать на небольшом круге лиц с целью ее окончательной доработки.

С помощью анкет учитель может выяснить причины плохой успеваемости по физике, трудности, с которыми приходится сталкиваться учащимся при выполнении самостоятельных заданий, интересы ребят, индивидуальные особенности их мышления и восприятия при изучении нового учебного материала, а также ряд других сведений, необходимых учителю для повышения эффективности учебного процесса. Например, анкету для изучения умения учащихся старших классов самостоятельно работать с учебником физики можно составить в следующей форме.

А н к е т а

(выбранные ответы подчеркнуть)

I. Как ты изучаешь материал по учебнику физики?

1) Прочитываю один раз. 2) Прочитываю несколько раз. 3) Прочитываю и пересказываю. 4) Прочитываю и отвечаю на вопросы, данные в конце параграфов. 5) Пользуюсь планами обобщенного характера для того, чтобы выделить в тексте главное, существенное.

6)

II. Понимаешь ли ты текст, прочитанный самостоятельно?

1) Понимаю все прочитанное. 2) Иногда возникают вопросы. 3) Большую часть не понимаю. 4) Ничего не понимаю, стараюсь запомнить механически.

5)

III. Много ли из прочитанного сохраняется в памяти к следующему уроку?

1) Запоминаю все важные вопросы текста. 2) Некоторые важные вопросы забываются. 3) Большая часть прочитанного забывается.

4)

IV. Сколько времени необходимо тебе для подготовки домашнего задания по учебнику?

1) До 10 мин. 2) До 20 мин. 3) До 30 мин. 4) До 40 мин.

5) 8

Из ответов учащихся на поставленные в анкете вопросы учитель может конкретно выявить недостатки в организации учебного процесса и принять вовремя необходимые меры по их устранению. Чаще всего неуспеваемость учащихся обусловлена неумением работать с учебником, справочной литературой, задачником. Научить ученика учиться — одна из основных задач учителя.

Изучение передового опыта. Источниками передового опыта могут быть научно-методические конференции, педагогические чтения, педагогические экспедиции, семинары. Описания передового опыта можно найти в печати.

Изучение передового опыта учителей предполагает применение частных методов исследования: наблюдение, беседы с учителями, анкетирование, изучение школьной документации, материалов института усовершенствования учителей и т. д.

Педагогический эксперимент — это «научно поставленный опыт в области учебной или воспитательной работы, наблюдение исследуемого педагогического явления в созданных и контролируемых исследователем условиях»¹. При этом устанавливается зависимость полученного результата от какого-либо педагогического воздействия или изменения одного из этих условий.

Если при проведении эксперимента меняется не одно, а несколько условий, то достоверность результатов уменьшается, так как трудно определить, какое из этих условий оказалось решающим. В таком случае можно говорить о влиянии на результаты ряда факторов.

Практически устранить полностью влияние побочных факторов в педагогическом эксперименте не всегда удастся, поэтому результаты эксперимента всегда относительны и в выводах следует указывать погрешность, которая имела место при обработке данных эксперимента методами математической статистики (коэффициент рассеяния, средняя квадратичная погрешность, интервал доверительной вероятности и т. д.).

Исследователь должен подробно описывать условия, в которых проходил эксперимент.

Эксперимент может быть констатирующим, проверочным и преобразующим. *Констатирующим* называют педагогический эксперимент, в задачу которого входит изучение положения дел в школе, классе, коллективе учащихся и т. д. без внесения экспериментатором каких-либо изменений в учебно-воспитательный процесс (например, изучение методики руководства самостоятельной работой учащихся на урках по предметам естественнонаучного цикла, состояния знаний учащихся, усвоения учащимися понятий и т. д.). Такой эксперимент проводится методом наблюдения и тщательным

¹ Педагогическая энциклопедия. М., 1968, т. 4, с. 762.

протоколированием, хронометрированием деятельности учащихся и учителя на уроке, методом проведения письменных контрольных работ, анкетированием.

Проверочным называют эксперимент, организуемый в целях проверки гипотезы, разработанной исследователем, методики или каких-то отдельных приемов учебной работы, видов учебной деятельности учащихся и т. д. По форме организации различают два вида проверочного эксперимента: лабораторный и обучающий.

Лабораторным называют эксперимент, проводимый с небольшой группой учащихся во внеучебное время. Целью его является предварительная проверка гипотезы, педагогической целесообразности предлагаемого исследователем нововведения. Если лабораторный эксперимент покажет его несостоятельность, предложение отвергается или вносятся коррективы в методику его реализации, после чего вторично проводится лабораторный эксперимент и только после положительных результатов лабораторного эксперимента проверка новой идеи может быть перенесена в класс. Так, например, предварительно проверяется целесообразность включения в программу новых вопросов.

Обучающий эксперимент проводится в условиях работы класса по расписанию, по программе, утвержденной Министерством просвещения союзной республики. Этот эксперимент предполагает выделение экспериментального и контрольного классов. В контрольном классе преподавание ведется традиционными методами, в экспериментальном классе вносятся изменения, влияние которых на качество знаний учащихся проверяется. Все прочие условия должны оставаться примерно такими же, как и в контрольном классе. Началу эксперимента должно предшествовать тщательное изучение уровня подготовки учащихся сравниваемых классов по интересующим показателям. Это начальное состояние фиксируется. В ходе эксперимента фиксируются все изменения, происходящие в контрольном и экспериментальном классах под влиянием обучения. Если в экспериментальной группе изменения значительно отличаются от изменений в контрольной группе, делают вывод о том, что это вызвано введением фактора, запланированного исследователем в соответствии с гипотезой.

Экспериментальная проверка гипотезы — это одновременно и перестройка практики обучения или воспитания, и изучение влияния этой перестройки на изучаемый объект.

При *преобразующем* эксперименте исследователь активно изменяет содержание, формы или методы обучения и воспитания в соответствии с выдвинутой гипотезой на основе творческого воображения, способности отвлечься от существующего опыта и умения находить новые решения. Все творческие идеи рождаются под влиянием запросов практики, новых задач, которые ставятся обществом на том или ином этапе развития перед школой в целом и перед преподаванием каждого отдельного предмета.

Таким образом, педагогический эксперимент может быть для

исследователя и источником новых знаний, и одним из средств проверки собственных выводов, и средством активизации его творческой мыслительной деятельности.

Педагогический эксперимент по проверке окончательного вывода, полученного в результате обобщения фактов по итогам наблюдения за организацией труда учащихся, можно провести следующим образом.

Сначала по итогам проведенных наблюдений выявляют недостатки в организации их труда, затем продумывают методику проведения занятий, направленную на устранение этих недостатков путем последовательной, систематически проводимой работы по формированию у учащихся необходимых умений и навыков.

После этого определяют способ проверки эффективности разработанной методики.

В дидактических исследованиях широкое применение находят два способа проверки эффективности исследуемых методов: 1) перекрестный и 2) уравнивания условий.

При *перекрестном* способе эффективность предлагаемого нововведения проверяют поочередно то в одном, то в другом классе. И если проверка дает положительные результаты в обоих классах, полагают, что предлагаемый метод заслуживает внимания и применения в дальнейшей работе.

Перекрестный способ проверки позволяет исключить влияние на результаты эксперимента и, следовательно, на выводы, вытекающие из него, состава класса. Если в разных классах проверяемый метод дает лучшие результаты по сравнению с традиционными, значит, его можно уверенно рекомендовать для применения в различных по успеваемости классах.

Однако этот метод проверки нельзя считать универсальным. Если исследование имеет целью выявить влияние того или иного метода обучения на развитие мышления, познавательные способности, память и другие личностные качества учащихся, требуется продолжительное применение этих методов в одних и тех же классах и прослеживание развития под их воздействием интересующих исследователя качеств (черт личности) обучаемых. В подобных исследованиях целесообразно использовать для проверки эффективности нового метода *способ уравнивания условий*. При этом способе проверки выделяют экспериментальные и контрольные классы, которые подбирают так, чтобы состав учащихся в них примерно был одинаков и преподавание предмета вел один и тот же учитель (или учителя, имеющие примерно одинаковый стаж, уровень теоретической и методической подготовки). Об успеваемости судят по среднему арифметическому значению балла за последнюю четверть, предшествующую началу эксперимента. Внутри контрольных и экспериментальных классов целесообразно разделить учащихся на три группы по уровню знаний или по уровню развития интересующих исследователя умений и затем в ходе исследования сравнивать, какие изменения происходят в знаниях и умениях учащихся раз-

личных групп под влиянием проверяемых методов обучения (в экспериментальных классах) и под влиянием традиционных методов обучения (в контрольных классах). С этой целью проводят контрольные работы, содержание которых определяется в соответствии с задачами исследования.

3. Основные этапы и методика организации исследования

Всякое исследование начинается с определения области исследования. Интерес учителя физики может находиться, например, в области, связанной с оборудованием физического кабинета, с организацией внеклассной работы по физике, с организацией самостоятельной деятельности учащихся и т. д.

Следующим важным этапом является выбор проблемы исследования. От выбора проблемы, ее правильного обоснования зависит исход и результат любого исследования. Для того чтобы выбрать проблему, необходимо знать, что же в интересующей области уже установлено, открыто и что требует доработки. Для этого необходимо изучить соответствующую литературу: основные работы в интересующей области исследования, последние статьи, работы зарубежных авторов.

Изучение литературы следует начинать с фундаментальных, общепризнанных работ.

На основе анализа литературы и определяется проблема, формулируется тема исследования. Выбранная тема должна не только соответствовать интересам исследователя, но и исходить из нужд практики, т. е. должна быть актуальной.

После предварительной формулировки темы необходимо четко наметить цель и задачи исследования. Задачи исследования должны конкретизировать цель и давать представление о том, в каких направлениях будут вестись поиски. Например, для темы исследования «Формирование измерительных умений и навыков на занятиях по физике в средней школе» цель исследования может быть сформулирована следующим образом: «Разработать методику формирования измерительных умений и навыков».

Эту цель можно конкретизировать следующими задачами:

1) определить, какие виды умений и навыков необходимо формировать;

2) определить требования к уровню измерительных умений и навыков;

3) выявить условия, при которых успешно идет процесс формирования умений и навыков;

4) раскрыть методику их формирования при существующей программе.

Важным и необходимым моментом исследования является составление плана и построение гипотезы. План и гипотеза могут

впоследствии меняться, Дополняться, уточняться в ходе работы. Построение гипотезы и дальнейшее уточнение ее осуществляется по мере накопления научного материала.

Затем необходимо глубоко проанализировать прочитанную литературу по данной проблеме и продолжить работу по отбору и изучению литературных источников уже более целенаправленно, т. е. в соответствии с составленным планом и задачами исследования.

Прочитываемый материал следует не только конспектировать, но и обдумывать, вести записи своих мыслей, делать выводы, собирать отдельные факты.

Опираясь на имеющиеся знания и выводы, полученные на основании анализа и обобщения добытых фактов, исследователь, используя приемы логического мышления, устанавливает существующие между явлениями закономерности.

Открытые закономерности между явлениями позволяют уточнить гипотезу. Окончательно сформулированную гипотезу проверяют на опыте с помощью эксперимента, в результате которого она либо превращается в теорию, либо отбрасывается как несостоятельная.

4. Критерии эффективности предлагаемых исследователем методов и форм обучения

Очень важным в исследовании является вопрос о критериях (показателях) эффективности вносимых автором новшеств (методов обучения, форм учебных занятий, отдельных методических приемов, новых демонстрационных опытов, наглядных пособий, технических средств обучения и т. д.). Правильное определение критериев эффективности во многом определяет успех работы и научную обоснованность выводов, которые могут быть сформулированы только на основе экспериментальных данных, отражаемых в количественных показателях.

При проверке эффективности тех или иных методов обучения основным показателем служит их влияние на качество знаний учащихся. Если при использовании проверяемого метода повышается качество знаний учащихся, значит, он заслуживает внедрения. Обычно в качестве основного показателя знаний принимают среднее арифметическое значение балла для экспериментального ($\bar{X}_э$) и контрольного ($\bar{X}_к$) классов. Затем определяют их отношение:

$$\eta = \frac{\bar{X}_э}{\bar{X}_к}.$$

Если оказывается, что $\eta > 1$, считают, что метод эффективен. Но такой показатель эффективности не очень надежен по двум причинам. Во-первых, балл — показатель весьма условный, во-вторых, может случиться, что в качестве экспериментального был выбран класс, успеваемость которого к началу эксперимента была

в действительности несколько выше или ниже успеваемости контрольного класса. В таком случае более правильно вести сравнение значений приращения $\Delta \bar{X}$ за четверть, учебный год и определять коэффициент эффективности по отношению приращений:

$$\eta = \frac{\Delta \bar{X}_э}{\Delta \bar{X}_к}.$$

Более объективные выводы могут быть получены на основе анализа письменных контрольных работ, составленных в соответствии с требованиями, которым должны удовлетворять на данном этапе обучения знания и умения учащихся. Контрольные работы подвергаются поэлементному и пооперационному методам анализа, которые позволяют дать строгую количественную оценку качества усвоения понятий, законов и умения применять знания на практике.

Суть поэлементного метода анализа заключается в том, что перед проведением работы четко определяют требования, которым должно удовлетворять усвоение проверяемых понятий. Эти требования, отражающие основные признаки понятий, их связи и отношения с другими понятиями, записываются в протоколе анализа работы. В процессе проверки работ в протоколе для каждого учащегося проставляется знак «+» против тех признаков и связей, которые усвоены учащимися. На основе протокола определяется коэффициент полноты усвоения содержания понятия по формуле

$$\bar{K} = \frac{\sum_{i=1}^N n_i}{nN},$$

где n_i — количество признаков, усвоенных i -м учащимся, n — количество признаков (элементов) понятия, которые в данный момент обучения должны быть усвоены учащимися, N — количество учащихся, выполнявших работу.

Коэффициент эффективности в данном случае определяется по отношению значений $\bar{K}_э$ и $\bar{K}_к$:

$$\eta = \frac{\bar{K}_э}{\bar{K}_к}.$$

Полученный таким образом коэффициент эффективности является одним из важных, объективных показателей проверяемой методики формирования понятий.

При проверке эффективности предлагаемой исследователем методики формирования тех или иных умений (например, умения самостоятельно вести наблюдения, ставить опыты, решать задачи, работать с учебником, выделять главные мысли в тексте и т. д.) важным критерием служит время, необходимое для верного выполнения работы, умение выполнять которую проверяется. В этом случае хронометрируется время выполнения работы каждым учащимся и затем находится среднее арифметическое значение для каждого

из сравниваемых классов: \bar{T}_ε и \bar{T}_κ , по этим значениям определяется коэффициент

$$\eta_{\bar{m}} = \frac{\bar{T}_\varepsilon}{\bar{T}_\kappa}.$$

В процессе эксперимента проводят несколько срезов, по которым прослеживают характер изменения коэффициента $\eta_{\bar{m}}$. По данным срезов строят графики, позволяющие проследить изменения значения коэффициента. Если $\eta_{\bar{m}} > 1$ в срезах, проводимых после начала эксперимента, и постепенно увеличивается с течением времени, можно с уверенностью заключить, что предлагаемый метод формирования умений более эффективен по сравнению с ранее применявшимся.

Вторым важным критерием эффективности предлагаемой методики формирования умений является коэффициент полноты выполнения операций, из которых складывается деятельность. Этот показатель определяется на основе пооперационного анализа выполненных учащимися работ. При проверке работ в протоколе анализа указывают все операции, которые должны быть выполнены учащимися, чтобы добиться желаемого результата (решить задачу, проделать опыт, провести наблюдение и т. п.), причем их записывают в такой последовательности, что каждая последующая операция логически вытекает из предыдущей или может быть выполнена при условии верного выполнения всех предыдущих. Против фамилии каждого ученика проставляют знак «+» в тех строках, где указаны верно выполненные им операции. По данным протокола определяют среднее арифметическое значение коэффициента полноты выполнения операций:

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^N p_i}{pN},$$

где p_i — количество верно выполненных операций i -м учащимся, p — количество операций, которые должны быть выполнены, N — количество учащихся, выполнявших работу.

Практически расчет удобнее выполнять по формуле

$$\bar{p} = \frac{\sum_{i=1}^p p_i m_j}{pN},$$

где p_i — количество выполненных группой учащихся операций, m_j — количество учащихся в j -й группе, N — количество учащихся, выполнявших работу.

По значениям коэффициентов \bar{p} для экспериментального (\bar{p}_ε) и контрольного (\bar{p}_κ) классов определяется коэффициент эффективности применяемой методики:

$$\eta_{\bar{p}} = \frac{\bar{p}_\varepsilon}{\bar{p}_\kappa}.$$

Применение пооперационного анализа в сочетании с поэлементным позволяет объективно определить качество усвоения основополагающих понятий, умение применять их в решении различного рода задач, а также уровень сформированности у учащихся умений практического и познавательного характера. Эти виды анализа дают возможность учителю своевременно выявить пробелы в усвоении знаний, установить, какие из признаков формируемых понятий усвоены всеми учащимися, какие усвоены лишь немногими, какие усвоены неверно; как сформированы умения, какие из операций, входящих в умение, не усвоены или выполняются неверно. Все это позволяет учителю оперативно вносить в учебный процесс коррективы, направленные на устранение обнаруженных пробелов в знаниях и умениях, и вместе с тем учесть обнаруженные недостатки, принять своевременно меры по предупреждению ошибок в усвоении понятий и в овладении умениями.

5. Тематика и основные направления исследований

Самые первые самостоятельные исследования учителю физики лучше всего начинать с несложных проблем, решение которых позволит повысить эффективность учебно-воспитательного процесса. Такая работа дает возможность последовательно пройти все этапы и приобрести соответствующий опыт для решения уже более крупных проблем.

Одна из первоочередных задач, способствующих наиболее успешной работе учителя,— изучение самих учащихся: выявление их способностей, интересов, индивидуальных особенностей каждого, отрицательных черт характера. Без этих знаний невозможно определить специфику класса и учитывать ее в процессе работы. Эти знания учитель может получить, применяя частные методы исследования.

Полученные результаты помогут наметить программу действий по устранению выявленных недостатков и учесть при обучении индивидуальные особенности каждого ученика.

Очень важно для учителя вести постоянный поиск новых форм и методов организации эффективной деятельности учащихся на уроке, новых форм и методов осуществления обратной связи, а также внеклассной работы по физике.

Для каждого класса и каждого ученика следует искать новые и совершенствовать старые способы стимулирования в процессе учебы с целью повышения интереса учащихся к предмету и к учебе вообще.

Большое поле для творческой деятельности учителя представляют изобретение и конструирование новых и усовершенствование старых физических приборов, наглядных пособий, постановка новых демонстраций по физике. Например, отсутствие демонстрационно-

го термометра, акселерометра, секундомера, демонстрационной модели холодильной установки затрудняет работу учителя физики при проведении ряда опытов. Поэтому работа над созданием этих приборов является важной конструкторской задачей.

Важное место среди других научных проблем занимает в настоящее время проблема научной организации педагогического труда. Поиск решений отдельных сторон этой проблемы, а именно оптимизация условий труда учителя и учащихся, экономия времени в конкретных условиях имеющегося кабинета физики, представляет большую практическую значимость для каждого учителя. Большие возможности в решении этих вопросов содержатся в дальнейшем усовершенствовании конструкции классной доски, демонстрационного стола, электрооборудования, в приготовлении специальных приспособлений, удобном размещении технических средств обучения, создании новых физических приборов и программно-контрольных устройств применительно к данному кабинету физики.

Много внимания уделяется в настоящее время вопросу самостоятельного приобретения знаний учащимися, умению самостоятельно работать с учебником: в какой мере ваши учащиеся умеют самостоятельно работать с учебником, справочником? Как устранить имеющиеся здесь недостатки? Ответы на эти вопросы учителю дадут проведенные им исследования с применением анкет, наблюдений, бесед, специальных контрольных заданий и других методов.

Интерес могут представлять для учителя физики следующие темы исследований, которые требуют конкретной разработки в условиях каждой школы:

1. Овладение учащимися знаниями, умениями и навыками по НОТ в процессе изучения школьного курса физики.

2. Формирование у учащихся обобщенных познавательных умений в процессе обучения физике.

3. Идеино-политическое и нравственное воспитание школьников в процессе обучения физике.

4. Разработка содержания и методики проведения экскурсий по физике с учетом возможностей местных условий.

5. Формы организации и методы руководства техническим творчеством учащихся.

6. Изучение факторов, повышающих работоспособность учащихся в условиях имеющегося кабинета физики.

Опытные учителя, проводившие неоднократно самостоятельные исследования по частным проблемам, могут принять участие в разработке более крупных проблем. Одной из таких проблем является проблема осуществления связи физики с другими учебными предметами (см. гл. 10). Решение этой проблемы при строгом сохранении логики каждого учебного предмета позволит полнее раскрыть взаимосвязь явлений природы на основе «взаимодействия» разных законов (физических, химических, биологических), обеспечить более высокий уровень усвоения естественнонаучных понятий, повысить роль обучения в формировании научного мировоззрения школьников.

К числу одной из важных проблем для общеобразовательной школы относится проблема политехнического обучения и профессиональной ориентации.

В настоящее время все больше и больше внимания при обучении обращается на овладение учащимися методами научно-исследовательской работы, на развитие творческого мышления. Обучение в этом направлении предполагает выполнение специальных творческих упражнений, одной из особенностей которых является наличие множества решений, справедливость которых не всегда очевидна. Правильность полученного решения может быть проверена учеником экспериментально. Исследования учителя по подбору, экспериментальной проверке, разработке таких творческих заданий и методике организации и способов их внедрения в практику работы школ, несмотря на то что многое уже в этой области сделано, очень нужны и своевременны.

Пока еще недостаточно разработан вопрос учета и контроля умений и навыков учащихся. Следует также в процессе исследований уточнить, какие вообще умения и навыки необходимо развивать у школьников при обучении физике и в какой последовательности.

Очевидна необходимость решения проблемы обобщения и систематизации знаний после изучения отдельных тем, разделов и после прохождения всего курса физики.

Предстоят дальнейшие поиски рациональной методики изучения новых вопросов школьного курса физики, определения роли, назначения и границ применения различных экранных и печатных пособий, поиски научно обоснованных путей повышения производительности труда учителя физики в типовом физическом кабинете, резервов удешевления оборудования физического кабинета на основе расширения границ применения некоторых уже существующих приборов, постановка новых, усовершенствование старых физических демонстраций с использованием типового оборудования и т. д.

Результаты исследования учитель физики может изложить на методическом объединении, педагогическом совете или оформить в виде статьи, брошюры или методического пособия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маркс К., Энгельс Ф. Соч 2-е изд., т. 5, 16, 20.
2. Ленин В. И. Полн. собр. соч., т. 18, 25, 36, 38.
3. Программа Коммунистической партии Советского Союза. М., Политиздат, 1974
4. Материалы XXV съезда КПСС. М., Политиздат, 1976
5. Аристов Л. П. Активность учения школьника. М., Просвещение, 1968.
6. Багров Н. В., Ермиш П. Г. Научно-технический прогресс и формирование профессиональных интересов сельской молодежи.— Советская педагогика, 1976, № 2.
7. Билимович Б. Ф. Физические викторины в средней школе. М., Просвещение, 1977.
8. Вечера по физике в средней школе. М., Просвещение, 1969.
9. Вологодская З. А., Завьялов В. В., Усова А. В. Изучение физики в средней школе. М., Просвещение, 1977.

чение мнения учащихся о причинах, снижающих успехи в учении.— Советская педагогика, 1976, № 9.

10. Глазунов А. Т. Техника в курсе физики средней школы. М., Просвещение, 1977.

11. Готт В. С. Философские вопросы современной физики. М., Высшая школа, 1972.

12. Ефименко В. Ф. Методологические вопросы школьного курса физики. М., Педагогика, 1976.

13. Занков Л. В. Методы дидактических исследований. М., Педагогика, 1965.

14. Зверев И. Д. Привести методы обучения в соответствие с требованиями жизни.— Советская педагогика, 1977, № 2.

15. Кедров Б. О. О научных революциях.— Наука и жизнь, 1975, № 10—12.

16. Клочков И. Д. Школа — училище — производство. М., Знание, 1974.

17. Крутецкий В. А. Психология обучения и воспитания школьников. М., Просвещение, 1976.

18. Ланина И. Я. Внеклассная работа по физике. М., Просвещение, 1977.

19. Лернер И. Я., Скаткин М. Н. О методах обучения.— Советская педагогика, 1965, № 3.

20. Матюшкин А. М. Проблемные ситуации в мышлении и обучении. М., Педагогика, 1972.

21. Махмутов М. И. Проблемное обучение. М., Педагогика, 1975.

22. Методика преподавания физики в 6—7 классах средней школы. Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. М., Просвещение, 1976.

23. Методы педагогических исследований. Под ред. В. И. Журавлева. М., 1972.

24. Мощанский В. Н. Формирование мировоззрения учащихся при изучении физики. М., Просвещение, 1976.

25. Постников А. В. Кабинет физики восьмилетней и средней школы. М., Просвещение, 1966.

26. Разумовский В. Г. Развитие творческих способностей учащихся в процессе обучения физике. М., Просвещение, 1975.

27. Раченко И. П. Научная организация педагогического труда. М., 1972.

28. Сенин М. В. Становление и развитие нового, социалистического типа международных отношений.— Вопросы философии, 1974, № 7.

29. Сердинский В. Г. Экскурсии по физике в сельской школе. М., Просвещение, 1976.

30. Сорокин Н. А. Дидактика. М., Просвещение, 1974.

31. Спасский Б. И. Вопросы методологии и историзма в курсе физики средней школы. М., Просвещение, 1975.

32. Терентьев М. М. Демонстрационный эксперимент в проблемном обучении. М., Просвещение, 1978.

33. Усова А. В., Антропова Н. С. Связь преподавания физики в школе с сельскохозяйственным производством. М., Просвещение, 1976.

34. Усова А. В., Завьялов В. В. Об усвоении учащимися понятий динамики в VIII классе.— В кн.: Преподавание физики в 6—8 классах средней школы. М., Просвещение, 1976.

35. Усова А. В., Завьялов В. В. Учебные конференции и семинары по физике в старших классах. М., Просвещение, 1975.

36. Устав средней общеобразовательной школы. Учительская газ., 1970, 28 сент.

37. Федорова В. Н., Кирюшкин Д. М. Межпредметные связи. М., Педагогика, 1972.

38. Школьникам о XXV съезде КПСС. М., Просвещение, 1976.

Статьи в журнале «Физика в школе»

39. Абдурахманов С. Д. Исследовательская работа учащихся на внеклассных занятиях, 1975, № 2.

40. Аликперов В. Г. Из опыта профориентационной работы на уроках физики. 1975, № 6.
41. Арефьев И. П. Внеклассная работа ко Дню космонавтики. 1972, № 2.
42. Бродский Е. Л. Вечер на тему «Физика в бою». 1971, № 4.
43. Вишняков Е. А. Физический вечер на тему «Физика твердого тела». 1976, № 5.
44. Внеклассная работа по физике, посвященная 50-летию Советской власти. 1967, № 3.
45. Гладышева Н. К. Применение игрушек при обучении физике в VI—VIII классах. 1971, № 5.
46. Горелова В. А. Установка для показа диафильмов при дневном свете. 1967, № 6.
47. Два вечера на тему «Физика и музыка». 1965, № 1.
48. Золотов В. А. Организация исследовательской работы учащихся при вузах. 1974, № 2.
49. Исханова М. З. Вечер «Физика вокруг нас». 1966, № 3.
50. Каторгина Л. И., Каторгин В. А. Вечер по физике «Атомный век». 1971, № 2.
51. Клепач Е. И. О физико-географическом вечере «Покорение морских глубин». 1973, № 4.
52. Клепач Е. И. Вечер на тему «Всемирное тяготение». 1966, № 4.
53. Колесников И. Д. Вечер «Физика, техника и сельское хозяйство». 1972, № 1.
54. Колесников И. Д. Физический вечер «Воздушный океан». 1966, № 1.
55. Крамарчук Г. И., Кулиш Е. В. Физический вечер «В мире элементарных частиц». 1971, № 3.
56. Ланина И. Я. Школьная выставка «Физика и детская игрушка». 1968, № 4.
57. Материалы XXV съезда КПСС в преподавании физики. 1976, № 5.
58. Плотников Г. И. Вечер «Освоение космоса и религия». 1968, № 1.
59. Покровский А. А. Тематика исследований в области учебного физического эксперимента и оборудования физического кабинета. 1975, № 4.
60. Резников Л. И., Каторгин В. А. Прикладная физика и профессиональная ориентация учащихся. 1973, № 5.
61. Римпус А. Профориентации учащихся — постоянное внимание. 1975, № 5.
62. Светов А. А. Вечер на тему «Физика и спорт». 1963, № 1.
63. Усанов В. В., Глазунов А. Т. Политехническое обучение в преподавании термодинамики. 1975, № 5.
64. Усова А. В., Завьялов В. В. О систематизации знаний учащихся. 1976, № 1.
65. Фабрикант В. А. О необходимости повышения престижа прикладных наук. 1972, № 5.
66. Фролов П. Г. Физический вечер «Инфракрасные лучи в военном деле». 1975, № 1.
67. Хазратов К. Изучение некоторых вопросов животноводства на физическом кружке в сельской школе. 1974, № 5.
68. Чайковская К. А. Из опыта проведения атеистических вечеров в восьмилетней школе. 1966, № 5.
69. Шамаш С. Я. Политехническое обучение в преподавании электродинамики. 1975, № 6.
70. Эвенчик Э. Е. Политехническое обучение школьников в преподавании механики. 1975, № 4.
71. Эвенчик Э. Е., Шамаш С. Я. Методам преподавания — особое внимание. 1977, № 1.

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МЕХАНИКИ В VIII КЛАССЕ

ГЛАВА 14

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ КИНЕМАТИКИ

Изучение темы «Основные понятия кинематики» имеет большое образовательное и мировоззренческое значение. Этой темой начинается курс физики VIII класса. В ней учащиеся знакомятся с важными физическими понятиями, которые широко используются в курсе механики и в других разделах физики (механическое движение, материальная точка, система отсчета, перемещение, скорость), а также производят расчеты по уравнениям равномерного движения. Первоначальные простейшие сведения из механики, полученные учащимися в VI классе, в VIII классе повторяются и существенно дополняются новыми для них сведениями. В новом учебнике физики для VIII класса [4] большое значение придается основной задаче механики, которая впервые формулируется в данной теме. Весьма важной особенностью является введение векторной записи формул перемещения и скорости, а также применение координатного метода в решении задач. Ведущей идеей в теме является относительность движения и покоя. Наряду с аналитическим изучением движения большую роль играют графики движения и скорости. Впервые в этой теме рассмотрение кинематических понятий и решение задач проводятся на основе широкого использования системы отсчета. Все это, несомненно, повышает научный уровень изложения механики и делает ее содержание современным. Для закрепления и контроля знаний учащихся предусмотрено решение большого числа задач различного содержания (качественные вопросы, вычислительные, экспериментальные и графические задачи), а также выполнение других видов самостоятельных работ (практические работы, работа с учебником и т. д.).

Практика работы по новой программе физики в VIII классе показывает, что трудности в разделе «Кинематика» вызывает изучение таких вопросов, как векторный характер некоторых величин, переход от записи кинематических уравнений в векторной форме к их записи в скалярной форме, решение в общем виде задач координатным методом, а также анализ графиков функций $v_x = f(t)$;

$x = f(t)$; $s = f(t)$. Этим вопросам учитель должен уделять особое внимание при изложении материала и его закреплении в первой теме и систематически приучать школьников пользоваться полученными знаниями во всех последующих темах курса механики. В то же время надо умело использовать на уроках физики знания учащихся по математике (о векторах, графиках функций и др.) — из курсов геометрии и алгебры VI—VII классов [72; 74].

Рекомендуем спланировать изучение материала темы следующим образом¹:

- 1-й урок. Общие сведения о механическом движении. Поступательное движение. Материальная точка. Траектория.
- 2-й урок. Положение точек тела в пространстве. Система отсчета.
- 3-й урок. Перемещение. Вектор перемещения точки движущегося тела и ее координаты. Проекция вектора перемещения на оси координат.
- 4-й урок. Перемещение при прямолинейном равномерном движении. Скорость равномерного движения.
- 5-й урок. Графическое представление движения.
- 6-й урок. Относительность механического движения. Сложение скоростей.
- 7-й урок. Относительность движения. Сложение скоростей (продолжение). Обобщение по теме.

Ниже даются методические рекомендации и практические указания по изложению вопросов темы.

1. Общие сведения о механическом движении. Материальная точка. Движение материальной точки. Траектория

Изучение темы начинается вводным уроком. На этом уроке главное внимание уделяется вопросам мировоззренческого характера, дополнению и уточнению тех первоначальных сведений о механическом движении, которые учащиеся получили из курса физики VI класса. Опираясь на известные факты, учитель разъясняет философское понятие материи и движения, раскрывает понятие механического движения и смысл основной задачи механики. Рассказывая о материи и ее движении, следует подчеркнуть, что научное определение материи дали классики марксизма-ленинизма. Здесь уместно привести ленинское определение материи: «...материя есть то, что, действуя на наши органы чувств, производит ощущение; материя есть объективная реальность, данная нам в ощущении...»². То, что материя является объективной реальностью, означает, что ма-

¹ См.: Программы восьмилетней и средней школы. Физика. Астрономия. М., 1979.

² Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, с. 149.

материя существует независимо от нас, от нашего сознания. То, что материя дана нам в ощущении, означает, что мы познаем материю посредством наших органов чувств. Материя существует вечно, во времени и в пространстве, находится в движении. Подчеркивая неразрывную связь материи и движения, Ф. Энгельс, писал: «Нигде и никогда не бывало и не может быть материи без движения. Материя без движения так же немыслима, как и движение без материи»¹. Физика изучает наиболее общие и простые формы движения материи (механические, тепловые, электромагнитные и др.). Среди разнообразных форм движения механическое движение самое простое.

С понятием механического движения учащиеся встречались в VII классе, где было подчеркнуто, что всякое изменение положения тела совершается в пространстве и определяется относительно других тел.

В VIII классе к этому определению добавляется то, что это изменение происходит с течением времени. Таким образом, учащихся VIII класса подводят к определению: изменение положения тела в пространстве относительно других тел с течением времени называется механическим движением. Ученики сами могут привести примеры механических движений (падение тел, движение поезда, самолета, автомашины, человека и т. д.). Разъясняя смысл этого определения, следует подчеркнуть: а) механическое движение — это простейшая форма движения материи; б) механическое движение всегда относительно. Покой тоже относителен. Движение всегда рассматривается по отношению к другим телам, которые условно принимаются за неподвижные; в) нет «абсолютного» пространства, т. е. пространства без материальных тел; г) важным в этом определении является и добавление слов «с течением времени»; они указывают на необходимость измерения промежутка времени между событиями.

Пользуясь прямой — осью времени, нужно показать различие понятий «момент времени» и «промежуток времени». Последовательность точек на этой прямой соответствует последовательности моментов времени. Отсчет времени ведется от некоторого начального момента. За начальный момент времени принимают момент, с которого началось наблюдение за движением. Каждому моменту времени соответствует точка на числовой оси времени (например, t_1 и t_2 — два момента времени). Промежуток времени всегда положительное число, моменты времени могут быть как положительными, так и отрицательными. Для измерения времени применяют часы, секундомеры, хронометры, кварцевые и атомные часы. Самыми точными являются атомные часы, дающие ошибку ± 1 с за 300 лет.

Далее разъясняют, что изучением механических движений и их законов занимается механика. В создании классической механики выдающуюся роль сыграли работы итальянского ученого Г. Галилея (XVII в.) и английского ученого И. Ньютона (XVIII в.)

¹ Энгельс Ф. Анти-Дюринг. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 59.

[39; 41]. В дальнейшее развитие механики большой вклад внесли русские ученые Л. Эйлер, И. В. Мещерский, К. Э. Циолковский, Н. Е. Жуковский, С. П. Королев и др. [39; 42]. Изучение механики и в наши дни имеет большое научное и практическое значение. На законах классической механики основано применение транспортных машин, различного рода механизмов, строительство зданий, мостов, плотин, запуск и движение космических кораблей и спутников. Во всех таких случаях важно уметь рассчитывать движение тел так, чтобы они достигали намеченной цели в заданный момент времени; уметь предсказывать их положение в пространстве в каждый момент времени. Поэтому одной из основных задач механики является определение положения тела в любой момент времени. Поставленная так основная задача механики в дальнейшем должна получить последовательное и конкретное решение на протяжении всего курса. Такой подход логически организует материал, устанавливает связь между различными разделами, помогает понять и усвоить основные идеи механики.

Изучение механики начинается с раздела «Кинематика», в котором дается только геометрическое описание движения тел. После этого учитель переходит к разъяснению некоторых важных понятий кинематики.

Поступательное движение. Материальная точка. Твердое тело может совершать различные механические движения: поступательное, вращательное, колебательное и др. В курсе механики VIII класса подробно изучается лишь поступательное движение, понятие о котором и должно быть раскрыто на первом уроке. С этой целью анализируют его наиболее существенные признаки, позволяющие выделить поступательное движение среди других движений. Вначале обращают внимание учащихся на тот очевидный факт, что в общем случае различные точки движущегося тела движутся неодинаково. Линия, которую описывает точка при движении тела, называется траекторией точки. Представление о ней учащиеся получили из курса физики VII класса [10]. Наиболее простым, но практически важным является такое движение твердого тела, при котором все точки тела движутся по одинаковым траекториям. Так движутся пила при пилке дров, кузов автомобиля по дороге без поворотов и т. д. Движение твердого тела, при котором все его точки движутся одинаково (т. е. по одинаковым траекториям), называется поступательным. Для такого движения характерно следующее: любая прямая, мысленно проведенная через любую точку тела, во время поступательного движения остается параллельной своему первоначальному направлению. Поступательное движение обладает следующим замечательным свойством: траектории всех точек твердого тела, движущегося поступательно, конгруэнтны, т. е. их можно совместить путем простого перемещения (по этому свойству легко отличить поступательное движение от вращательного и других движений). Таким образом, учащиеся подводят к выводу: для изучения поступательного движения нет необходимости рассматри-

вать все его точки, достаточно знать характер движения одной точки. Последнее чрезвычайно упрощает многие расчеты в задачах на движение тел.

Далее переходят к рассмотрению другого важного понятия — материальная точка. С понятием материальной точки учащиеся VIII класса встречаются впервые, и оно требует тщательного разъяснения. В учебной и методической литературе по физике приводятся различные, иногда не совсем удачные определения этого понятия. Более удачно определяется материальная точка в новом стабильном учебнике физики VIII класса (§ 1), но модельность, идеализация этого понятия не отмечена. Остановимся на методике изучения этого вопроса. Понятие материальной точки условное и применяется для упрощения задачи изучения движения тел или частиц. Разъясняя смысл его на примерах движения, учитель акцентирует внимание учащихся на двух случаях, когда можно пренебречь размерами (и формой) тела, т. е. рассматривать его движение как движение точки. А именно: а) когда размеры тела малы по сравнению с проходимым телом расстоянием и б) когда размеры тела много меньше расстояний от данного тела до другого тела. Дополнительно можно отметить следующее обстоятельство: любые измерения возможны только с определенной степенью точности; если пренебрежение линейными размерами тела приводит к погрешностям, соизмеримым с погрешностью измерений, то нет смысла учитывать размеры этого тела. Таким образом, теоретически оправдывается введение понятия материальной точки. В связи с этим даем определение материальной точки. Тело, размерами и формой которого можно пренебречь в данных условиях движения, называется материальной точкой. (Это понятие в науку было введено в XVIII в. Л. Эйлером в период его работы в Петербургской академии наук. Необходимость введения этого понятия была вызвана прежде всего разработкой теории машин и механизмов в период, когда начала развиваться машинная техника.) На примерах поясняем, что в зависимости от условия задачи одно и то же тело в одних случаях может быть принято за материальную точку, в других — нет. Например, при рассмотрении движения Земли вокруг Солнца Землю можно считать материальной точкой, так как ее размеры много меньше расстояния от Земли до Солнца. При изучении же движения на Земле ее нельзя считать материальной точкой. Движение корабля в море есть движение материальной точки. Но при изучении качки корабля приходится учитывать взаимодействие волн с поверхностью корабля; в этом случае корабль не есть материальная точка. При этом важно подчеркнуть, что если физические тела можно принимать за материальные точки, то значительно упрощается задача по определению расстояний между ними и в связи с этим упрощаются формулы для выражения соответствующих законов физики. В поступательном движении все точки тела движутся одинаково. Поэтому, как уже было сказано, в таком движении тело можно принять за точку. Но понятие материальной точки относится и к другим видам движения,

Необходимо также разъяснить, что понятие «материальная точка» является своеобразной абстракцией, или моделью тела. Материальная точка есть идеальный (вымышленный) объект, которым можно заменить реальный объект, если в условиях данной задачи можно не учитывать его форму и размеры. Здесь же надо отметить, что по определению материальная точка «наделается» массой, равной массе тела. (С понятием массы учащиеся знакомы из курса VI класса.) Только в кинематике масса материальной точки не принимается во внимание. Вполне оправданно говорить о траектории материальной точки.

Для закрепления материала разбираются вопросы из упр. 1 учебника [4] и задачи № 1—3 из задачника [32]¹. Для самостоятельного «размышления» полезно предложить учащимся дополнительные вопросы: является ли движение кабинок колеса обозрения поступательным? Можно ли кабинку в этом движении принять за материальную точку? Вызывает интерес у учащихся также разбор следующих вопросов:

1. Автомобиль движется по шоссе. При каких допущениях (условиях) можно принять автомобиль за материальную точку?

2. Можно ли принять за материальную точку отдельную молекулу газа (жидкости) и при каких условиях?

2. Понятие о системе отсчета

Система отсчета — важнейшее понятие физики; изучению его в школе должно быть уделено большое внимание. Необходимость введения этого понятия обосновывается в самом начале кинематики. Без выбора системы отсчета невозможно наблюдать и изучать движение материальной точки или тела. Более того, учитель должен иметь в виду, что в дальнейшем правильное понимание физического и философского содержания принципа относительности и уяснение основ специальной теории относительности возможно при условии, если учащиеся овладеют понятием системы отсчета. Поэтому изучению системы отсчета в курсе механики должно уделяться серьезное внимание. Краткое изложение этого понятия приведено в учебнике физики VIII класса, где сказано: «Система координат, тело отсчета, с которым она тесно связана, и указание начала отсчета времени образуют систему отсчета, относительно которой и рассматривается движение тела» (§ 2).

С понятием системы координат учащиеся знакомились в курсе математики и пользовались системой координат при решении задач. Понятие о системе отсчета для учащихся VIII класса является новым и сложным. Оно легче усваивается, если в самом начале тщательно проанализировать его содержание.

Система отсчета включает следующие элементы: а) тело отсчета; б) систему координат, скрепленную с телом отсчета; в) начало отсчета времени; г) начало отсчета расстояний (координат); д) способ

¹ Здесь и в дальнейшем номера задач на закрепление указываются примерно, ориентировочно.

измерения времени; е) способ измерения расстояний. Кратко это выражено в приведенной выше формулировке.

Таким образом, нужно четко различать понятия система отсчета, тело отсчета и система координат. Недостаточно перечислить основные элементы системы отсчета, необходимо их обосновать, показав их необходимость. На уроке можно разобрать такой пример.

Самолет поднялся с аэродрома в воздух и движется намеченным курсом. Что нужно знать для описания его движения? Ученикам известно, что при изучении механического движения нужно выбрать прежде всего тело отсчета, по отношению к которому будет рассматриваться движение. В данном случае телом отсчета служит аэродром, точнее, то место на нем, где находилась точка отрыва самолета при взлете. По отношению к телу отсчета движение самолета можно рассматривать как движение материальной точки.

Выбор тела отсчета еще не дает возможности полностью описать движение материальной точки, фиксировать ее положение в любой момент времени, недостаточно условиться рассматривать его движение относительно, например, Земли; необходимо указать способ фиксации его положения относительно нее в любой момент времени. Для этого пользуются системой координат. Система координат связывается жестко с телом отсчета. Очень важно уяснить, что для изучения движения материальной точки нужно выбрать, кроме тела отсчета и системы координат, способ отсчета времени.

Если применяются обычные часы, то измерение времени сводится к определению расположения стрелок часов в то мгновение, когда материальная точка попадает в интересующее нас место пространства. При исследовании движения тел в механике полагают, что время течет равномерно. Наконец, чтобы измерения времени и расстояний стали определенными, надо условиться о начале их отсчета. Началом отсчета времени движения самолета является момент начала движения его при взлете. Началом отсчета расстояния служит начало системы координат, скрепленной с телом отсчета.

На уроке рекомендуется использовать модели системы отсчета, схемы, плакаты.

Весьма важно научить учащихся выбирать систему отсчета в конкретных случаях. Сам выбор системы отсчета произвольный и диктуется соображениями удобства в расчетах. Например, движение автомобиля, троллейбуса, поезда удобнее изучать и описывать в системе отсчета, связанной с Землей, а не с Солнцем (или другой звездой). Движение же планет (в том числе Земли), напротив, удобнее и проще изучать в системе отсчета, связанной с Солнцем.

О состоянии движения тела мы можем говорить определенно, только указав систему отсчета. Пусть, например, чемодан лежит на полке вагона, движущегося равномерно и прямолинейно. Покоится он или движется? Чемодан покоится относительно стен вагона, но движется прямолинейно и равномерно относительно станции. В данном случае про один и тот же предмет мы говорим, что он по-

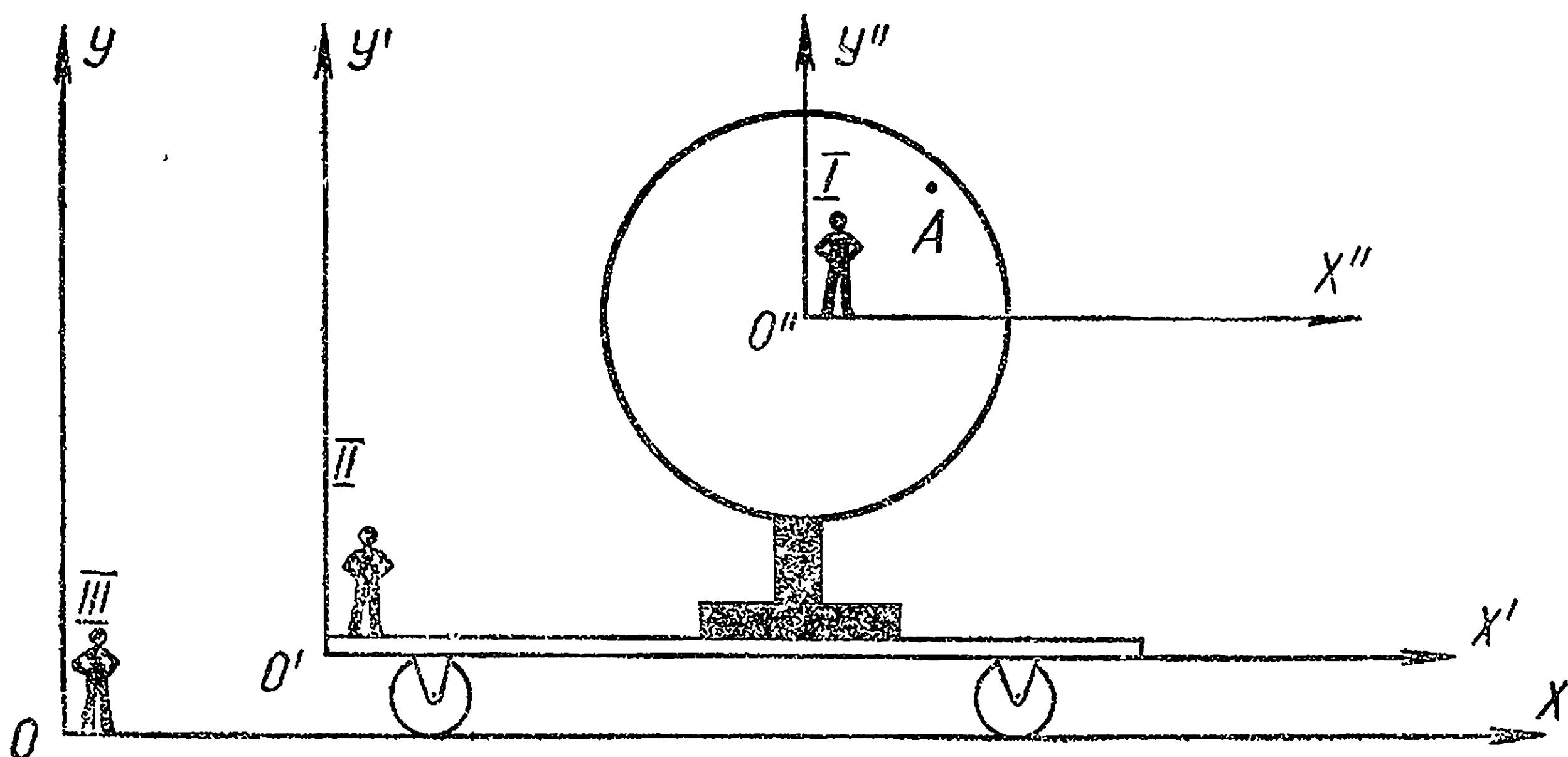


Рис. 14.1

коится и движется прямолинейно и равномерно. Каждое из этих утверждений верно в своей системе отсчета.

Таким образом, вопрос не только о покое или движении тела (точки), но и о характере движения решается всегда в зависимости от выбора системы отсчета.

Для закрепления понятия системы отсчета рекомендуется решить ряд качественных задач, например: из упр. 1 учебника, № 5—6 из задачника [31] или № 1—3 из задачника [34]. Часть из них учащиеся решают самостоятельно дома.

Чтобы ученики осознали значение системы отсчета для физики и научились оперировать этим понятием, необходимо применять его на протяжении всего курса.

Уже в начале изучения кинематики показывают, что траектория движения одного и того же тела зависит от выбора системы отсчета и в разных системах отсчета различна. Это можно пояснить на следующем примере. По горизонтальной поверхности стола движется тележка, на которой в штативе укреплен на оси O'' диск (рис. 14.1). Относительно стола тележка движется слева направо, а диск вращается. Точка A находится в покое относительно диска и наблюдателя I (ее траектория — точка), относительно тележки и наблюдателя II она движется по окружности, а относительно стола и наблюдателя III точка описывает сложную кривую — циклоиду. Точка же O'' диска остается неподвижной относительно диска (оси x'' и y'') и тележки (оси x' и y'), но движется по прямолинейной траектории относительно стола (оси x и y). Все эти случаи нетрудно продемонстрировать с помощью самодельного прибора. Диск выполнен из четырехмиллиметровой фанеры диаметром 500 мм. В точках A и O'' находятся лампочки, которые соединены параллельно и питаются от батареи 3336Л, укрепленной на обратной стороне диска. Диск желательно насадить на вал с шарикоподшипником, вследствие чего его вращение будет затухать медленно. При вращении диска относительно тележки и движении тележки относительно стола тра-

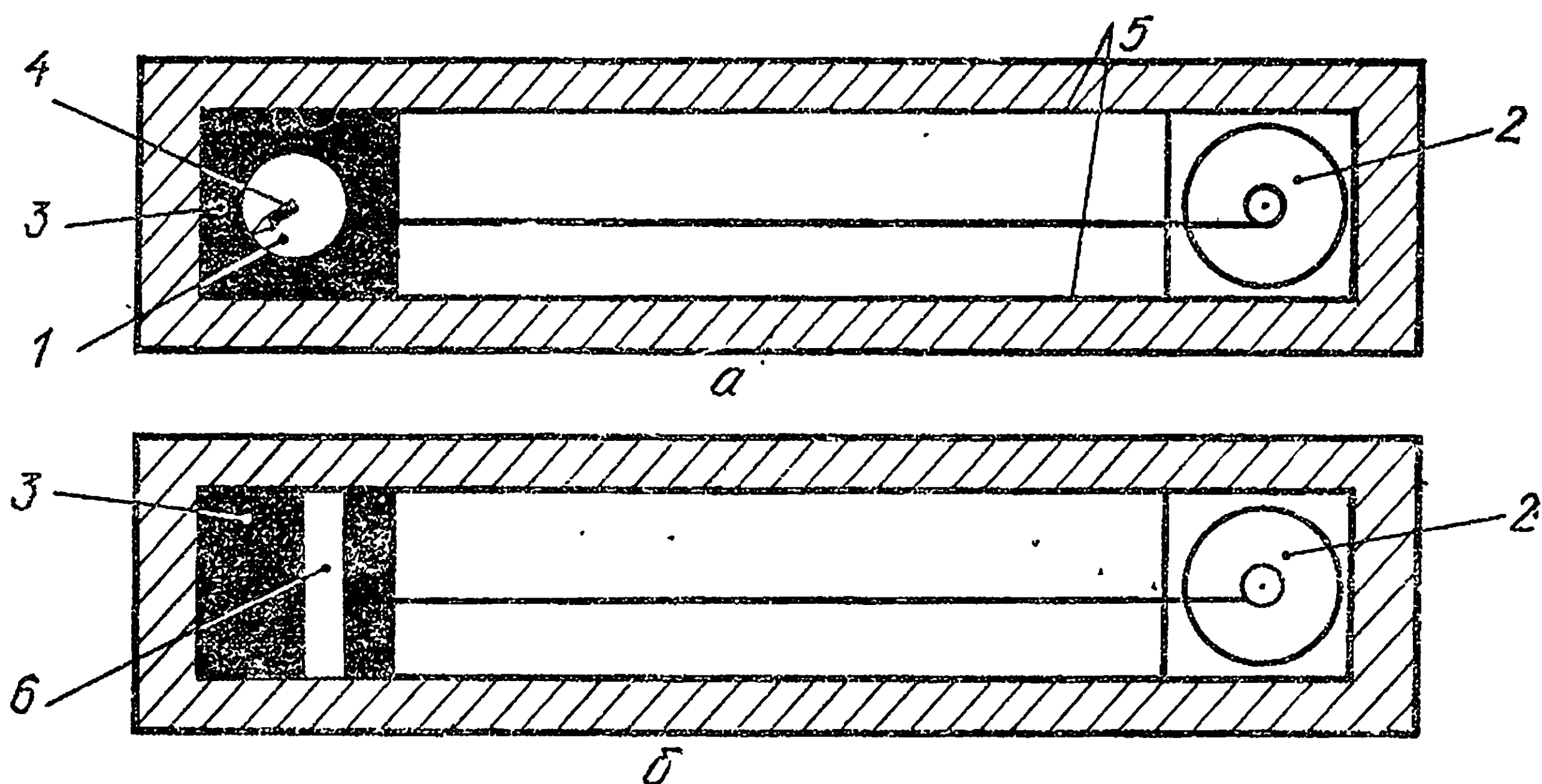


Рис. 14.2

ектории движения лампочки отчетливо наблюдаются учащимися, особенно в затемненном кабинете. Более эффектно получаются эти опыты, если диск вращается от мотора и тележка движется равномерно по столу.

Весьма наглядными являются демонстрации записи механического движения с помощью самодельного прибора¹, устройство которого ясно из рисунка 14.2,а. Прибор позволяет показать следующие опыты:

а) при неподвижной каретке 3 и включенном двигателе 1 карандаш (или фломастер) 4 описывает окружность. Эта траектория (окружность) относится к системе отсчета, связанной с кареткой;

б) при включенном двигателе 2 и выключенном двигателе 1 (каретка при этом движется поступательно) карандаш описывает прямую линию, параллельную направляющим 5 (это в системе отсчета, связанной с направляющими);

в) когда включены оба двигателя (1 и 2), в системе отсчета, связанной с направляющими, описывается циклоида.

Все три траектории записываются на полоске голубого (или другого светлого цвета) пластика, помещенной между направляющими 5. Линии легко можно стереть;

г) заменяют каретку с двигателем 1 кареткой с прорезью 6 (рис. 14.2,б). Если включить двигатель 2, а внутри прорези двигать цветной мелок, то на панели прибора описывается траектория, вид которой показан на рисунке 14.3.

Таким образом, учащиеся убеждаются, что траектория есть относительное понятие: для одной и той же материальной точки траектория движения разная в разных системах отсчета. Это понятие имеет смысл лишь по отношению к выбранной системе отсчета.

¹ Прибор предложен А. В. Усовой.

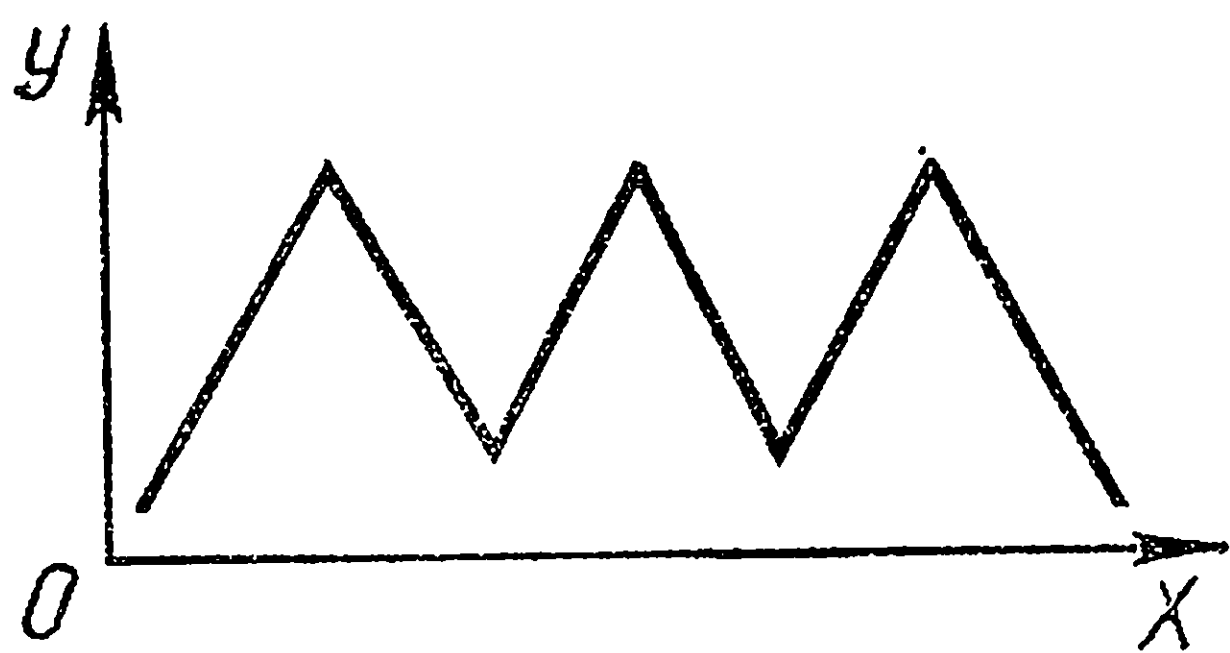


Рис. 14.3

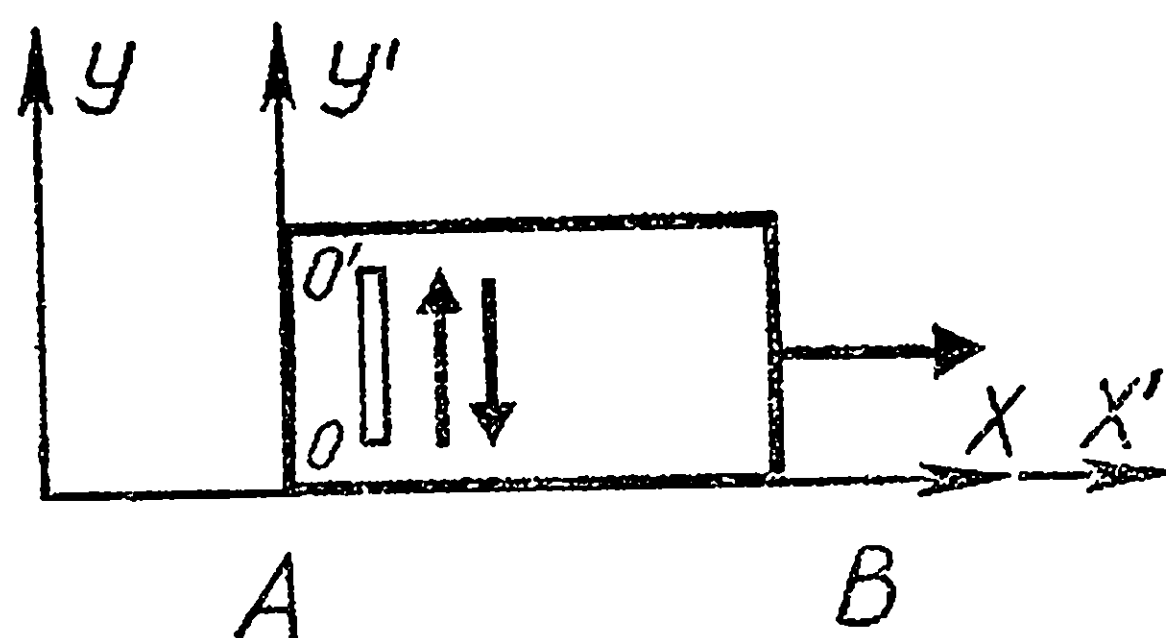


Рис. 14.4

При рассмотрении относительности понятия траектории полезно предложить учащимся изготовить планшетку (рис. 14.4). Учащиеся, проводя практическую работу с ней, сами изучают вид траектории острого конца карандаша относительно неподвижной системы отсчета (лист бумаги) и подвижной системы отсчета (планшетка, поперек которой движется карандаш). При передвижении планшетки вдоль линейки в направлении от A к B и одновременном перемещении карандаша внутри прорези OO' (вверх-вниз) на бумаге получается след — траектория движения карандаша относительно листа бумаги (см. рис. 14.3).

3. Перемещение, путь, координата

Основная задача урока — обосновать необходимость введения понятия *перемещение* в кинематике. В механике-науке существуют два способа изучения движения, т. е. два способа решения основной задачи механики — естественный и координатно-векторный. Естественный способ изучения движения не требует введения понятия вектора для решения основной задачи механики, он обходится алгебраическими значениями механических величин. Действительно, если точка движется по определенной траектории, то можно выбрать положительное направление и начальный момент движения. Затем, отсчитывая по траектории расстояние, пройденное точкой к данному моменту времени (путь l), можно определить положение ее в пространстве, т. е. решить основную задачу механики. Очевидно, при таком способе описания движения для решения основной задачи механики должна быть задана траектория и известная зависимость пути от времени $l = f(t)$. Только в простейшем частном случае равномерного движения точки по заданной траектории ($l = vt$) поставленная задача решается легко. Но в общем случае дело осложняется тем, что траектория движения заранее жестко не задана (например, брошенный камень, снаряд, ракета, спутник, космический корабль не движутся по заданной траектории, как поезд по рельсам). Более того, и при известных траекториях движения могут оказаться очень сложными и расчет положения тела является весьма трудной задачей. Все это говорит об ограниченных возможностях естественного метода. Координатно-векторный способ позволяет

решать основную задачу механики в общем случае. В этом состоит его несомненное преимущество. Разумеется, учащимся надо объяснить эту мысль в доступной форме, например, рассуждая так.

В VI классе давалось первоначальное понятие пути, а также скорости равномерного движения и средней скорости неравномерного движения. Возникает вопрос: достаточно ли этих знаний для решения основной задачи механики? Этот вопрос следует пояснить подробнее. Если скорость равномерного движения известна, то можно вычислить пройденный путь за заданный промежуток времени: $l = vt$. Отложив пройденный путь на известной траектории от начальной точки в сторону движения, можно указать, в каком месте будет находиться точка в конце данного промежутка времени. Это значит, что система начальных кинематических понятий, изучаемых в VI классе, позволяет в принципе решать основную задачу механики (нахождение положения движущейся точки в любой момент времени) в простейшем случае равномерного движения точки по известной траектории. Если же траектория неизвестна, то знания пройденного пути недостаточно для того, чтобы указать новое положение движущейся точки. Более общая постановка основной задачи механики как раз и состоит в том, чтобы находить положение движущейся точки в любой момент времени, не зная заранее, по какой траектории происходит ее движение.

Изложение кинематики в VIII классе, которое позволяет подойти к решению этой более общей задачи, основывается не на понятии пройденного пути, а на понятии перемещения.

Необходимо обратить внимание учащихся на различие понятий перемещения и пути. Здесь же показывают отличие их от координаты точки. Путь, пройденный точкой, равен длине отрезка траектории, которая описывается за данный промежуток времени при движении точки из одного положения в другое. Таким образом, путь l — это длина траектории, описанной при движении точки за время t . Обращают внимание учащихся на то, что путь — это скалярная величина. Перемещение — это отрезок прямой, соединяющий предыдущую точку траектории с последующей и направленный в сторону последующей. Перемещение — это векторная величина. Если движущаяся точка в некоторый момент времени находилась в точке A (рис. 14.5) и за время t перешла в точку B , то перемещение ее равно вектору \vec{AB} . Точкой A , например, может быть начало движения, а точкой B — конец движения. При этом перемещением является направленный отрезок, проведенный из начальной точки в конечную. Если точка при своем движении переходит из точки A в точку B , затем в точку C , то ее первое перемещение будет \vec{AB} , второе перемещение \vec{BC} . Результирующее перемещение выражается направленным отрезком \vec{AC} (см. рис. 14.5). \vec{AC} — замыкающая двух составляющих перемещений — равна диагонали параллелограмма, построенного на составляющих перемещениях. Определение вектора известно учащимся из курса геометрии VII класса. В физике

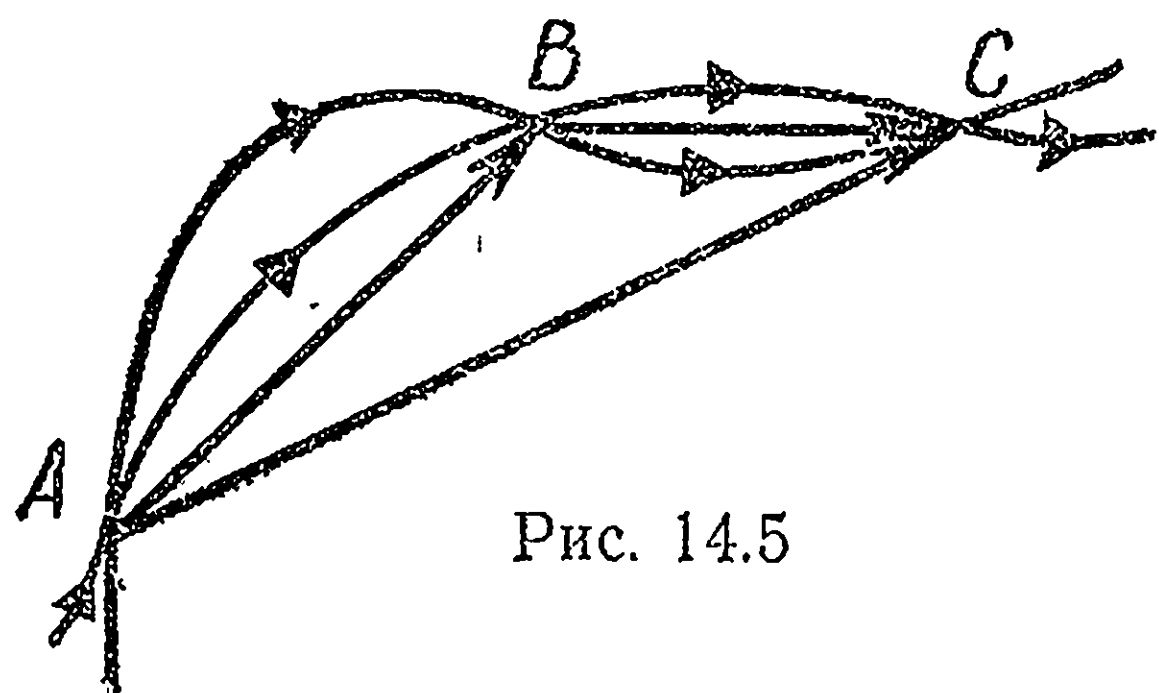


Рис. 14.5

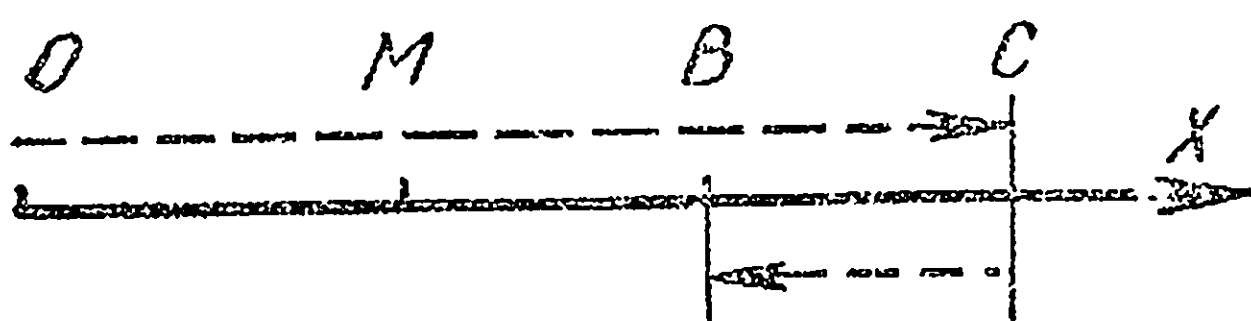


Рис. 14.6

не потребуется давать иного определения, но примеры векторов будут для учащихся новыми. Перемещение — одна из векторных кинематических величин. Вектор перемещения обозначается \vec{s} , а модуль его (длина) $|\vec{s}|$.

Путь всегда положительная величина. Рисунок 14.5 наглядно иллюстрирует, что пути между двумя точками A и B могут быть различными, а перемещение всегда одно и то же. В случае прямолинейного движения точки перемещение по модулю может совпадать с длиной пути лишь тогда, когда движение не меняет своего направления. В случае же, когда точка движется сначала в одну сторону, а затем в противоположную, перемещение и путь различные.

Пусть точка M (рис. 14.6) перемещается по оси x сначала вправо до точки C, затем влево до точки B (за начало отсчета принята точка O). Тогда перемещение $\vec{s} = \vec{OB}$. Путь $l = OC + CB$.

Для закрепления материала рекомендуем решить такие задачи:

1. Лошадь прошла по арене цирка $\frac{3}{4}$ окружности диаметром 5 м (рис. 14.7). Определить перемещение при движении от точки A до C через точку B и длину пройденного при этом пути. Изобразить графически вектор перемещения для случая, когда движение происходит в направлении от A к C через D. Каковы пройденный путь и перемещение при условии, когда лошадь при своем движении пройдет полную окружность (от точки A до точки A через точки B, C, D)?

2. Пассажир, едущий в купе железнодорожного вагона, прогуливается в купе (рис. 14.8). Определить перемещение пассажира за 2 с: а) относительно стен купе; б) относительно полотна дороги. Скорость пассажира принять равной 1 м/с. Скорость поезда 60 км/ч. Движения считать равномерными.

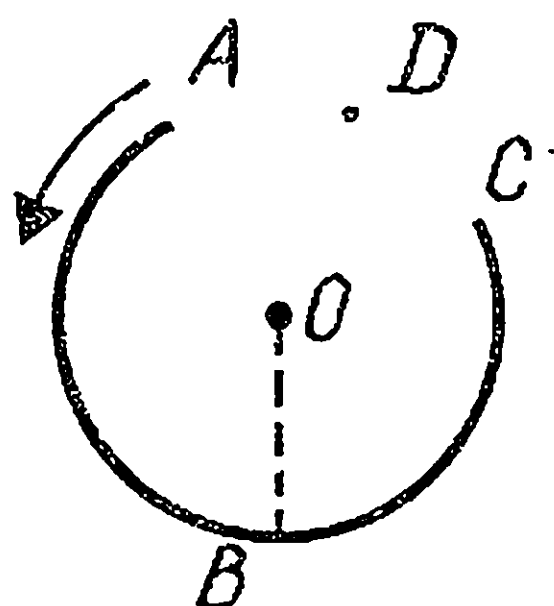


Рис. 14.7

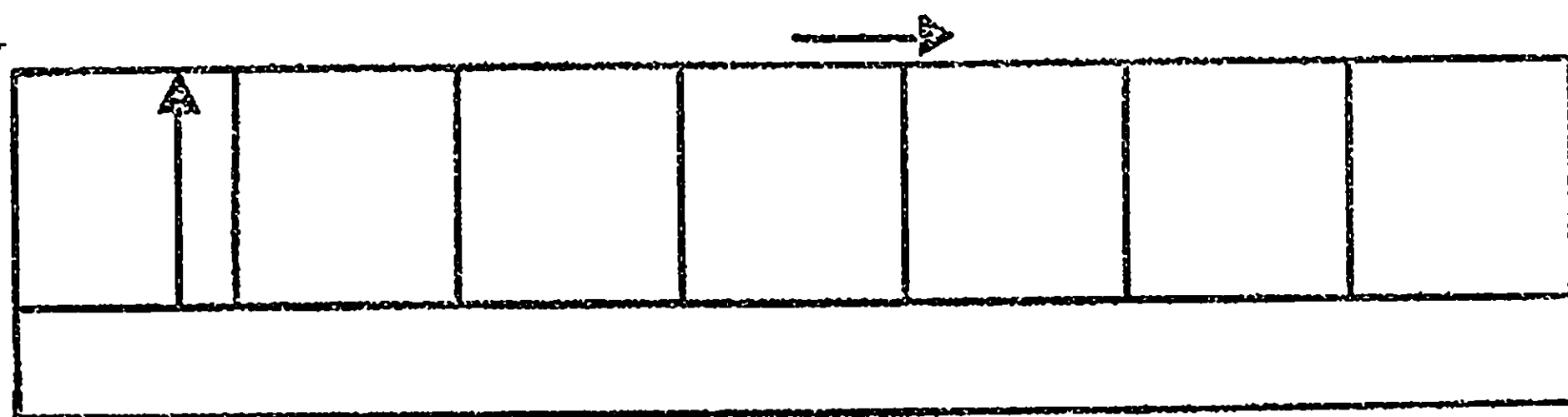


Рис. 14.8

Рассмотрев понятие о векторе перемещения, необходимо разъяснить понятие о проекции вектора перемещения на оси координат, как это сделано, например, в учебнике [4, § 4]. Это потребуется для определения координаты положения движущейся точки и для записи уравнения движения в скалярной форме. Для определения, например, координаты точки B (см. рис. 14.6) надо найти проекцию вектора \vec{s} на ось x : $s_x = OB$.

В общем случае, сколь бы запутанной ни была траектория, при движении материальной точки путь может только возрастать.

Координаты же точки могут как возрастать, так и убывать. Перемещение и начальные координаты точки вполне определяет ее положение в любой момент времени.

На уроке можно поставить довольно эффектный опыт, но он требует некоторого экспериментального навыка. В трубке длиной около 1 м с подкрашенной водой находится пузырек воздуха. Трубку располагают вертикально. Класс следит за движением пузырька вверх; на доске отмечают начало и конец движения пузырька, чертят его траекторию. Затем располагают трубку горизонтально, взяв в левую руку ее конец с пузырьком и совместив с точкой A (рис. 14.9). После этого правой рукой, в которой зажат кусочек мела, медленно поворачивают трубку в плоскости доски, доведя ее к концу движения пузырька до положения AB . При повороте трубки правая рука с мелом скользит вдоль нее вслед за движением пузырька, вычерчивая траекторию его движения относительно доски. Учащимся в связи с опытом предлагают указать перемещение воздушного пузырька, пройденный им путь и координату пузырька в точке B .

Техника демонстраций опытов с трубкой значительно упрощается, если нижний конец трубки укрепить на доске с по-

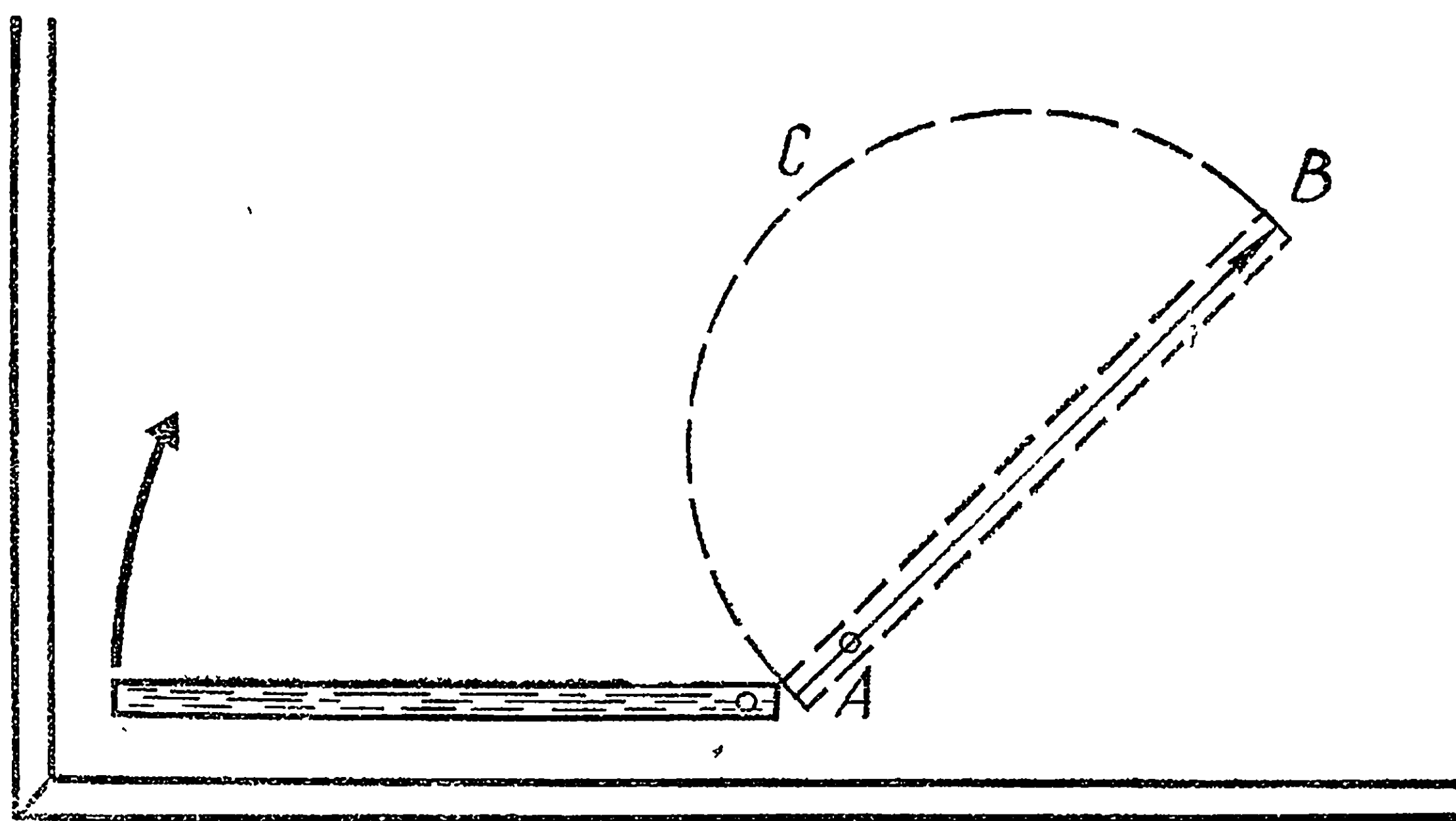


Рис. 14.9

мощью пропущенного через выступающий конец трубки гвоздя или шурупа, который будет служить осью вращения.

Для закрепления материала следует решить задачи на нахождение перемещения, пути и координаты [4, упр. 2; 32, № 7, 8].

4. Перемещение при прямолинейном равномерном движении.

Скорость равномерного движения

Этот материал частично знаком учащимся из курса физики VI класса. При повторении его в VIII классе необходимо подчеркнуть существенные признаки прямолинейного равномерного движения: в таком движении за любые равные промежутки времени тело совершает одинаковые перемещения. Следует при этом обратить внимание на отличие данного определения от того, которое знакомо им по VI классу [10, § 16]. Равномерное движение показывалось в VI классе [53]. Поэтому в VIII классе целесообразно поставить перед учащимися проблемный вопрос: как осуществить равномерное движение, пользуясь имеющимся на демонстрационном столе оборудованием? Решение выдвинутой проблемы позволит не только привлечь учащихся к поискам способа демонстрации равномерного движения, но и рассчитать его скорость. Для этой цели можно использовать стеклянную трубку с подкрашенной жидкостью и воздушным пузырьком и метроном. Возможен вариант опыта: при демонстрации равномерного движения трубку с пузырьком воздуха можно установить на движущуюся (или неподвижную) тележку. Далее поясняют, что в обыденной жизни под скоростью чаще всего понимают величину, характеризующую быстроту движения; при этом не учитывается его направление. В механике скорость — это вектор, направленный так же, как и перемещение. Определение скорости известно учащимся из курса физики VI класса в виде $v = \frac{l}{t}$. Определение же скорости как вектора должно быть дано. Количественно она определяется отношением вектора перемещения \vec{s} к промежутку времени t , в течение которого происходит движение: $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$.

Понятие скорости как отношения перемещения к промежутку времени, в течение которого совершилось это перемещение, более общее. Оно новое для учащихся VIII класса и должно быть разобрано подробно. В то же время надо подчеркнуть, что иногда приходится пользоваться только модулем скорости. Например, модуль скорости показывает спидометр автомобиля.

Из формулы $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ можно определить перемещение \vec{s} , совершенное за время t в прямолинейном равномерном движении: $\vec{s} = \vec{v}t$.

Скорости, как и перемещения, складываются геометрически, т. е. по правилу параллелограмма. Проецируя векторы перемещения и скорости на оси координат, можно записать уравнение движения материальной точки или тела: $x = x_0 + v_x t$. Таким образом, зная начальную координату x_0 и скорость v , мы можем решить основную задачу механики для этого случая движения.

5. Графическое представление движения

Графики — «международный язык». Овладение ими имеет большое образовательное и политехническое значение. Поэтому задача учителя физики — научить учащихся не только строить графики, но и уметь анализировать их, читать графики, понимать, какую информацию о движении тела можно получить из графика.

С графическим представлением функций учащиеся знакомились в курсе математики в VI—VII классах [72; 74]. И сам метод построения графиков для них не является новым. Однако о значении графиков движения и их особенностях следует рассказать, так как в механике они широко применяются.

Графики в кинематике изображают зависимость кинематических величин от времени. Графики можно строить только для скалярных величин. Материал о графиках скорости и координаты равномерного прямолинейного движения полно изложен в учебнике. Поэтому ограничимся краткими методическими указаниями.

Способ построения графиков лучше усваивается, если разбираются конкретные примеры. Поэтому, выбрав кинематическую формулу (например, $x = 2,5t$), следует предложить учащимся составить таблицу частных значений аргумента и функции (как они это делали в математике). Затем учащиеся сами выбирают систему координат и наносят точки. Соединив их, получают график движения. Этот график — прямая линия, поэтому строить его можно более рационально (по двум точкам). При построении графиков нужно рекомендовать учащимся пользоваться линейкой или угольником (с миллиметровыми делениями) и клетчатой или лучше миллиметровой бумагой. В кабинете физики школы должна быть небольшая специальная доска для построения графиков.

Для упражнений в чтении графиков можно предложить учащимся, вызванным к доске, рассказать, как двигалась точка, для которой известен график движения (рис. 14.10). Здесь же полезно спросить: «Какова траектория движения материальной точки (тела)?» Интересные дидактические карточки, содержащие задания на графики, имеются в пособии Л. И. Скредина [33].

Аналогичные упражнения выполняются на графики скорости равномерного движения.

Полезно обратить внимание учащихся на отличие графика координаты (перемещения) от графика пути. Только при прямолинейном движении в одном направлении графики пути и координаты

совпадают. Если направление движения изменяется, то эти графики уже не будут одинаковыми. Например, для движения точки вправо на отрезке OA и обратно (AB) графики пути и координаты одинаковы только до точки D , при дальнейшем движении — разные (см. рис. 14.10).

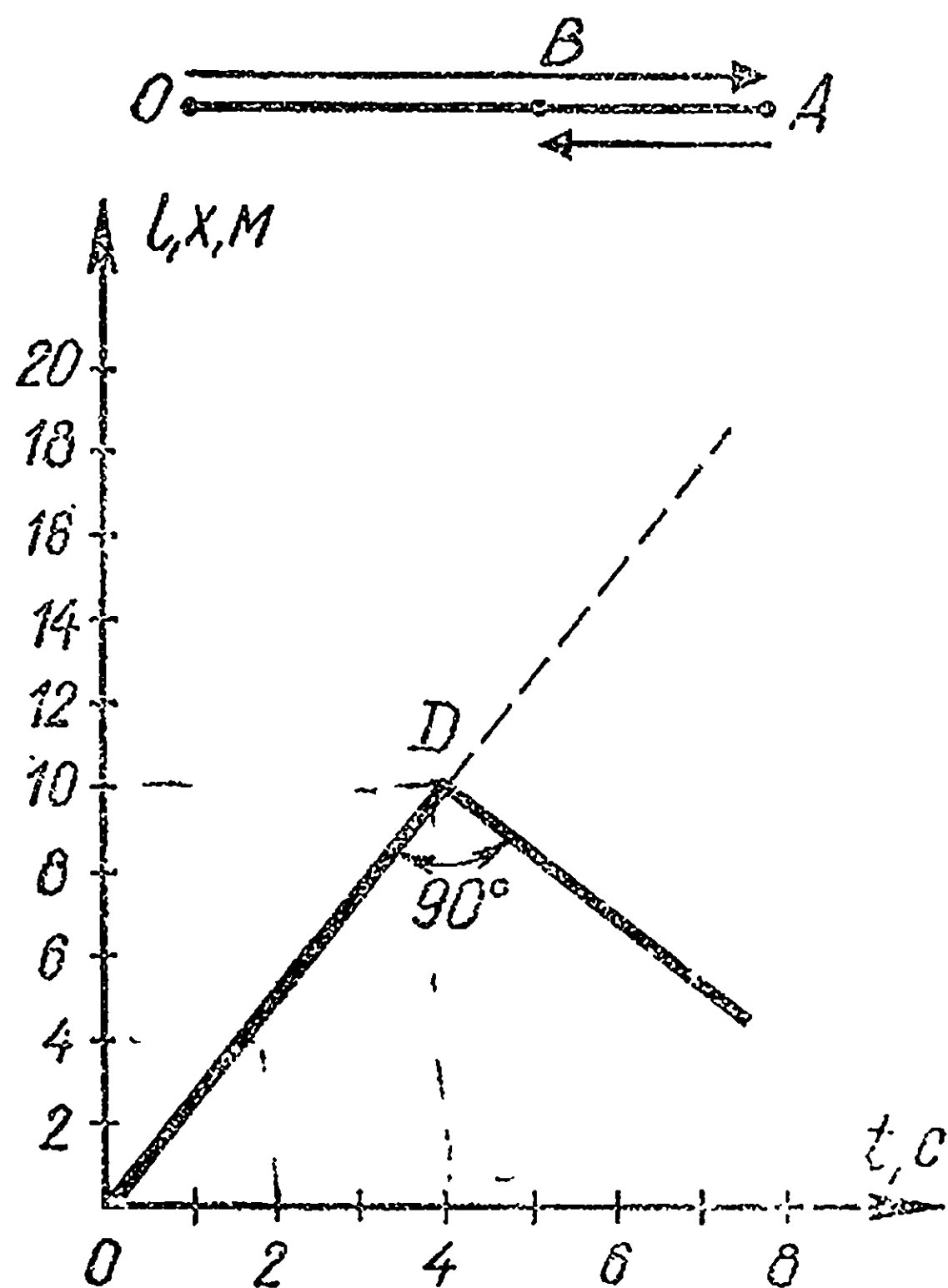


Рис. 14.10

В заключение целесообразно обсудить вопрос: что дает изучение графиков? Исследование геометрических особенностей графика дает возможность полностью выяснить кинематические свойства данного движения. Основное же значение графического метода исследования движения заключается в том, что им можно пользоваться и в тех случаях, когда аналитическая зависимость $s = f(t)$ неизвестна. Такие случаи встречаются в задачах теории механизмов и машин, когда движение задается графически при помощи автоматов-самописцев, связанных с движущейся частью механизма. По графику координаты или пути можно узнать скорость тела. В поезде, например, применяются самописцы, вычерчивающие автоматически график скорости движения поезда на всем пройденном пути.

Для закрепления материала следует решить задачи из упр. 5 учебника [4], задачи типа № 18—20 из задачника [19] или № 20—22 из задачника [32].

6. Относительность движения.

Сложение перемещений и скоростей

Идея относительности движения является одной из важнейших физических идей, проходящей через всю программу средней школы. В X классе в теме «Основы теории относительности» понятие обобщается. В VIII классе при изучении кинематики к данному вопросу приходится обращаться неоднократно. В § 1 учащиеся ознакомились с понятием относительности движения и траектории. Теперь они будут изучать данный вопрос в плане углубления и расширения этих представлений. В начале урока целесообразно выяснить, для чего нужно изучать относительное движение. В практике нередко встречаются случаи, когда движение одного и того же тела приходится рассматривать относительно разных тел отсчета, которые сами движутся относительно друг друга. Так, артиллеристу

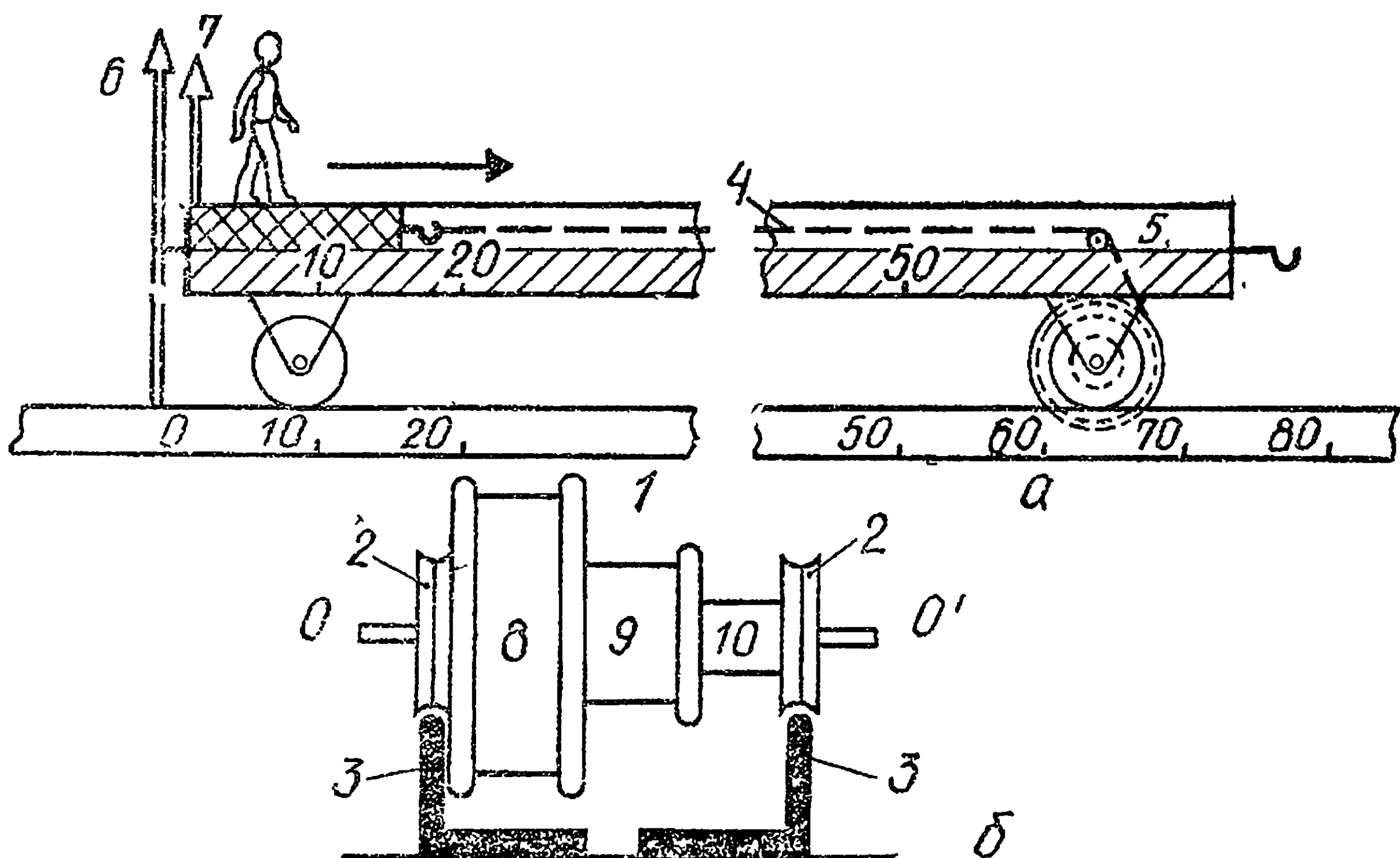


Рис. 14.11

важно знать, как движется снаряд не только относительно земли, на которой его орудие стоит неподвижно, но и относительно танка, в который он стреляет и который сам движется по отношению к земле. Таким образом, возникает потребность изучать особенности движения тела относительно двух систем отсчета, из которых одна движется относительно другой. Условно приняв одну из систем за неподвижную, мы можем выяснить, каковы перемещения и скорости по отношению к неподвижной и движущейся системам. Важно подчеркнуть, что при этом речь идет о перемещениях, совершаемых за одно и то же время. Объяснение этого материала дается на примере движения лодки и пловца примерно так, как это сделано в учебнике [4, § 8, 9].

Для лучшего восприятия материала целесообразно показать демонстрационные опыты, например, на самодельных приборах, которые легко изготовить силами учащихся по описаниям в литературе [48; 73]. Мы рекомендуем для демонстрации относительности движения и сложения перемещений использовать два простых прибора¹, проверенных в практике школ.

Для демонстрации относительности движения и сложения перемещений, направленных по одной прямой, служит подвижная тележка (рис. 14.11, а). Длина тележки примерно 70—80 см. Особенностью ее устройства является трехступенчатый шкив 1 (рис. 14.11, б), плотно насаженный на ось OO' с одной парой колес 2. Отношение диаметров шкивов $4 : 2 : 1$. Диаметр колес равен диаметру среднего шкива (≈ 4 см). В ободах колес выточены желобки. Тележка перемещается, как по рельсам, по уголкам 3, в качестве которых можно,

¹ Приборы предложены и описаны В. П. Ореховым.

например, использовать лабораторные желоба, выпускаемые Главучтехпромом.

Платформу тележки изготавливают из доски шириной примерно 12 см. На платформу помещают брусок с фигуркой идущего человека. К бруску привязывают нить 4, которую перекидывают через ролик или перекладину 5, и затем наматывают на один из шкивов. На демонстрационном столе и платформе находятся указатели 6 и 7. Тележка перемещается с помощью заводной игрушки, падающего груза, привязанного к нити, перекинутой через блок, или просто от руки. При движении тележки вправо нить наматывается на шкив по часовой стрелке, а при движении влево — против часовой стрелки, если смотреть на колесо, как показано на рисунке 14.11, а. Для того чтобы закрыть брусок, к торцу тележки сбоку можно прикрепить полосу фанеры. На фанере и желобах следует нанести деления. Перемещая тележку, можно наглядно показать, что $\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{s}_1$, где \vec{s} — перемещение «человека» в неподвижной системе координат, связанной с демонстрационным столом, \vec{s}_0 — перемещение подвижной системы координат (тележки) относительно стола и \vec{s}_1 — перемещение «человека» относительно тележки. При движении тележки вправо $|\vec{s}| = |\vec{s}_0| + |\vec{s}_1|$. При движении тележки влево $|\vec{s}| = |\vec{s}_1| - |\vec{s}_0|$. В этом случае, если нить наматывается на шкив 10, то «человек» смещается влево от указателя 6, так как $|\vec{s}_0| > |\vec{s}_1|$. При употреблении шкива 8 «человек» смещается вправо, поскольку $|\vec{s}_0| < |\vec{s}_1|$.

Особый интерес у учащихся вызывает случай, когда применяется шкив 9. «Человек» перемещается относительно тележки, но покоится относительно демонстрационного стола: $|\vec{s}_0| = |\vec{s}_1|$; $|\vec{s}| = 0$.

Для демонстрации сложения перемещений, направленных под углом, служит планшет (рис. 14.12). Примерные размеры планшета 60×60 см. Планшет изготавливают из листа плексигласа или многослойной фанеры. В планшете делают прорезы AB , CD , EL шириной примерно 2 см и три отверстия 1, 2, 3 такого же размера. В левом углу укрепляют блок 4. Изображают также оси координат x' , y' . Для удобства работы с планшетом к нему прикрепляют ручки M , M_1 . В прорезь EL , например, и расположенное под ней отверстие 3 вставляют специальные держатели с мелом (рис. 14.13). Держатель состоит из закрытой с одной стороны трубки 1, в которую вставлена винтовая пружина 2. К торцу трубки напаяется кольцо 3 из жести. В трубку вставляют мел 4. Трубку желательно подобрать такую, чтобы в нее свободно входил цветной мелок. (Для данной цели удобны ружейные гильзы 12-го и 16-го калибров.) Когда планшет плотно прижат к классной доске, он давит на кольцо 3, в результате пружина 2 обеспечивает нужный для хорошей записи нажим мела. К держателю, вставляемому в прорезь, желательно

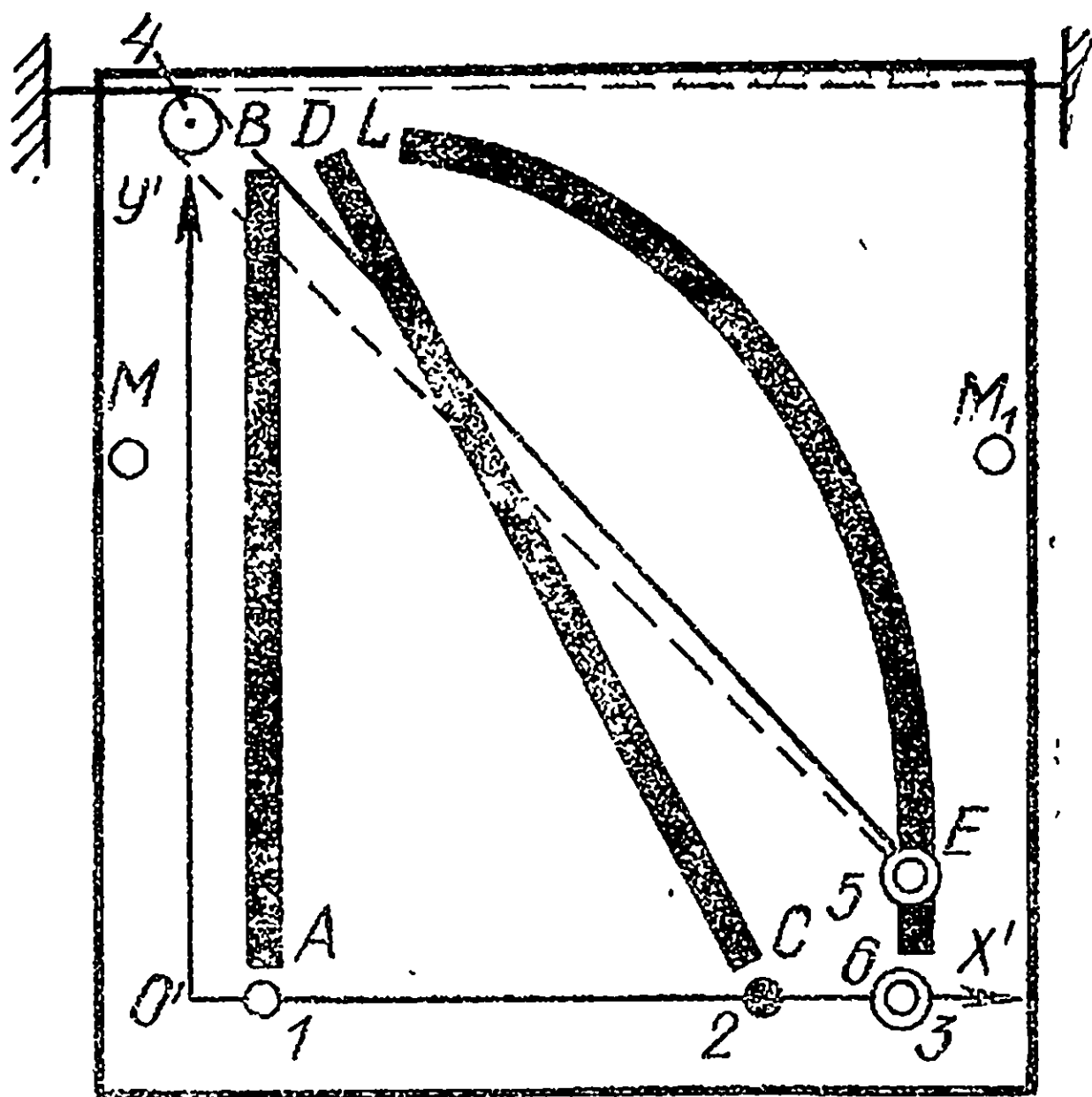


Рис. 14.12

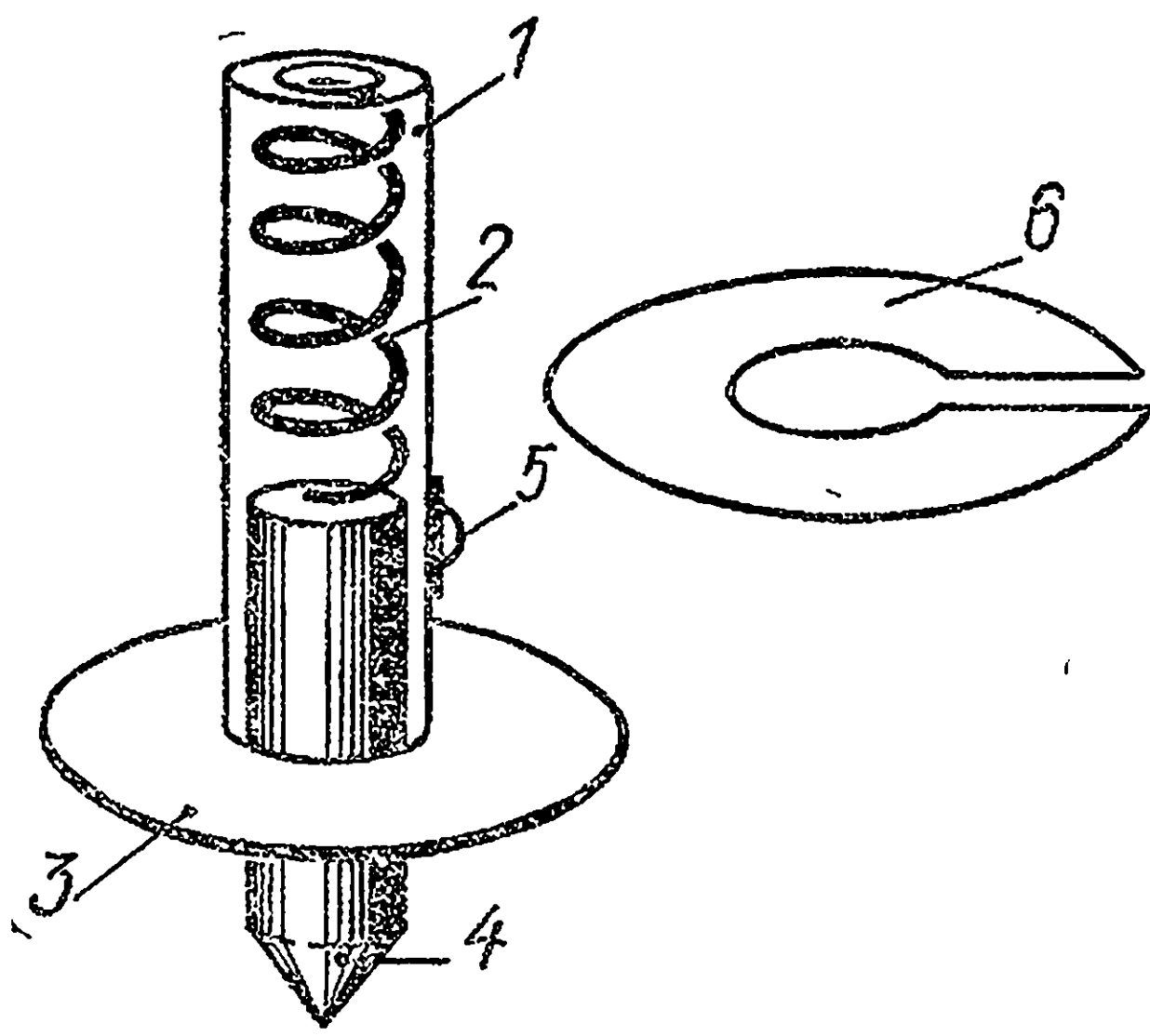


Рис. 14.13

также припаять петельку 5 из проволоки для привязывания нити. Можно изготовить также кольцо 6 с прорезью (рис. 14.13, справа), чтобы обеспечить лучшее крепление держателя на планшете, в том числе и при хранении. Второй держатель может закрепляться в отверстиях 1, 2, 3 за счет трения.

Планшет прикладывают к классной доске. Привязывают к петельке держателя 5 (см. рис. 14.12) нить, которую перекидывают через блок 4 и прикрепляют к классной доске слева или справа от планшета. Затем перемещают планшет в соответствующую сторону по доске. Перемещающийся с помощью нити держатель 5 вычерчивает траекторию движения тела в неподвижной системе координат, держатель 6 вычерчивает траекторию движения точки начала отсчета неподвижной системы относительно подвижной. Например, использование прорези CD и отверстия 2 при движении планшета слева направо позволит изобразить с помощью держателя 5 абсолютное перемещение \vec{CD} , а с помощью держателя 6 переносное перемещение \vec{CK} . Проводя вдоль щели мелом черту, изображают относительное перемещение \vec{KD} (рис. 14.14, а): $\vec{CD} = \vec{CK} + \vec{KD}$.

При использовании прорези EL и отверстия 3 (см. рис. 14.12) траектория движения держателя 5 изобразится кривой, а его пере-

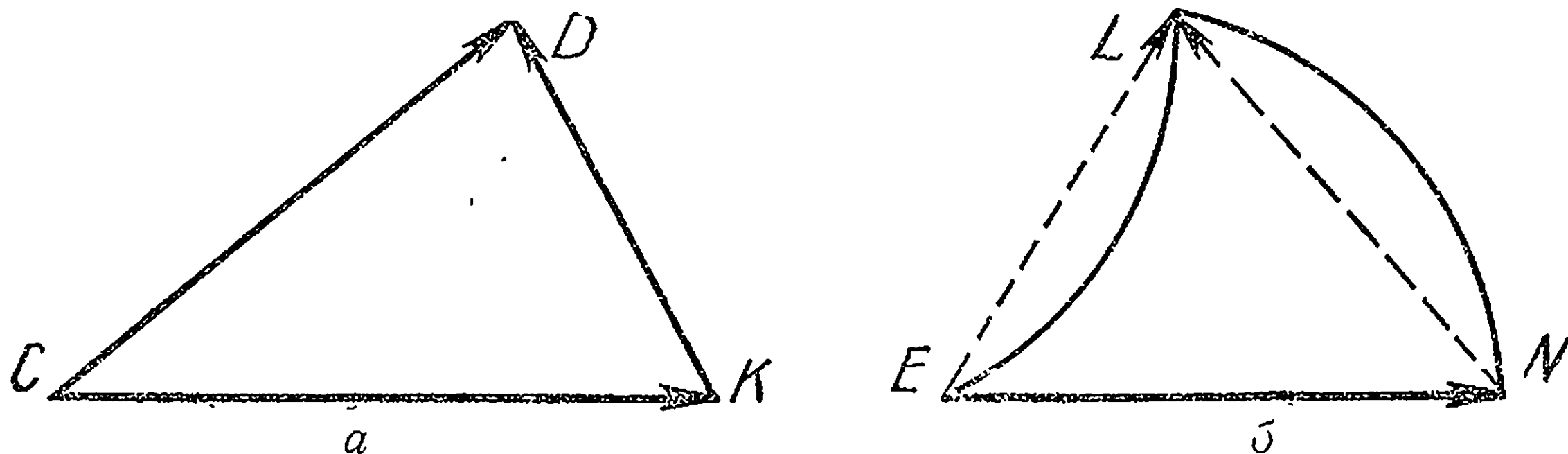


Рис. 14.14

мещение в неподвижной системе координат будет равно вектору \vec{EL} (рис. 14.14, б). Перемещение подвижной системы координат равно вектору \vec{EN} . Проведя мелом черту вдоль прорези EL , изображают криволинейную траекторию движения держателя 5 в подвижной системе координат и находят его относительное перемещение \vec{NL} : $\vec{EL} = \vec{EN} + \vec{NL}$.

Для иллюстрации движения лодки и пловца, рассматриваемого в учебнике [4, § 8—9], мы рекомендуем использовать следующий прием. В опытах можно воспользоваться набором по статике с магнитными держателями, выпускаемыми Главучтехпромом для школ. Детали этого набора, снабженные постоянными магнитами, можно быстро устанавливать и укреплять на вертикальном щите, покрытом листовым железом, который служит экраном. Дополнительно следует вырезать из картона модели лодки и пловца, которые закрепляют на магнитных держателях. Если приставить затем держатель к железному экрану, то модели лодки и пловца будут держаться, в случае необходимости их можно перемещать по экрану. В опытах железный экран условно обозначает реку. К фигурам лодки и пловца легко прикрепить (или приклеить) координатные оси x , y и x' , y' , вырезанные из картона. Пользуясь этим набором, можно наглядно иллюстрировать все случаи относительного движения, описанные в учебнике (§ 8—9), и объяснить правило сложения перемещений и скоростей. Кроме того, можно показать сложение перемещений и скоростей в общем случае.

В заключение на уроке полезно показать новый диафильм «Система отсчета и относительность движения» или фрагмент учебного фильма [68]. Для закрепления материала решают задачи из упр. 6 учебника [4] и № 32—35 из задачника [32]. По теме рекомендуется провести проверочную или самостоятельную работу. Содержанием такой работы могут быть две-три задачи средней трудности на пройденный материал [34, 28].

ГЛАВА 15

ПРЯМОЛИНЕЙНОЕ НЕРАВНОМЕРНОЕ ДВИЖЕНИЕ

Содержание этой темы раскрывается в тесной связи с предыдущей. Однако в этой теме вводится ряд новых и важных понятий (средняя скорость, мгновенная скорость, ускорение), которые значительно расширяют знания учащихся о механическом движении. Формированию их и следует уделить главное внимание при изучении прямолинейного неравномерного движения. Такие понятия, как «мгновенная скорость» и «ускорение», изучаемые в данной теме, широко используются не только в механике, но и в других разделах

физики. Основная задача механики решается здесь для равноускоренного движения точки (тела). Дальнейшее развитие получает применение графического метода для изучения движений. Для исследования механического движения используется еще стробоскопический метод [4, § 30]. В теме отводится большое место решению задач, особенно расчетных, для закрепления новых для учащихся формул и уравнений. Одновременно с этим решаются задачи-вопросы и экспериментальные задачи. На изучение темы программой отводится 13 часов. Рекомендуем спланировать учебный материал темы «Прямолинейное неравномерное движение» следующим образом:

- 1-й у р о к. Неравномерное движение. Скорость при неравномерном движении.
- 2-й у р о к. Решение задач.
- 3-й у р о к. Ускорение. Равноускоренное движение.
- 4-й у р о к. Решение задач.
- 5-й у р о к. Перемещение при равноускоренном движении.
- 6-й у р о к. Решение задач.
- 7-й у р о к. Измерение ускорения. Решение задач.
- 8-й у р о к. Лабораторная работа № 1 «Определение ускорения тела при равноускоренном движении».
- 9-й у р о к. Средняя скорость при прямолинейном равноускоренном движении. Связь между перемещением и скоростью.
- 10-й у р о к. Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально.
- 11-й у р о к. Решение задач.
- 12-й у р о к. Обобщающее повторение. Решение задач.
- 13-й у р о к. Контрольная работа.

1. Неравномерное движение. Средняя скорость

Понятие о неравномерном движении для учащихся не является новым. Его формирование началось стихийно еще до изучения курса физики на основе наблюдений и жизненного опыта и развивалось далее на первой ступени обучения физике (VI класс). Поэтому изучение материала целесообразно начать, опираясь на эти представления. Пользуясь введенными в VIII классе понятием перемещения, даем более общее определение равномерного движения: *Движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые перемещения, называется равномерным.* Кроме рассмотрения различных примеров равномерного движения, желательно показать и несложные опыты:

1. Опыт с двумя желобами Галилея, расположенными под тупым углом друг к другу так, чтобы один служил продолжением другого. Наблюдая за скатыванием и подъемом шарика, устанавли-

вают, что неравномерное движение может быть как ускоренным, так и замедленным.

2. Запись неравномерного движения с помощью капельницы. Этот способ известен учащимся из курса VI класса [10].

Рекомендуется он и в ряде мето-

дических работ [70]. Недостаток данного способа заключается в том, что капли падают не через равные промежутки времени. Для устранения этого недостатка следует использовать в качестве капельницы сосуд Мариотта [75]. Такая капельница может быть применена в установке с механизированным движением листа бумаги. В другой простой установке (рис. 15.1)¹ используется мотор Уорена 1, дающий 60 об/мин. На ось насаживают кисточку 2. При вращении мотора и ускоренном движении тележки кисточка делает отметки на деревянном бруске. По расстояниям между метками можно судить о характере механического движения. Наконец, заслуживают внимания фотографии движений, полученные стробоскопическим методом.

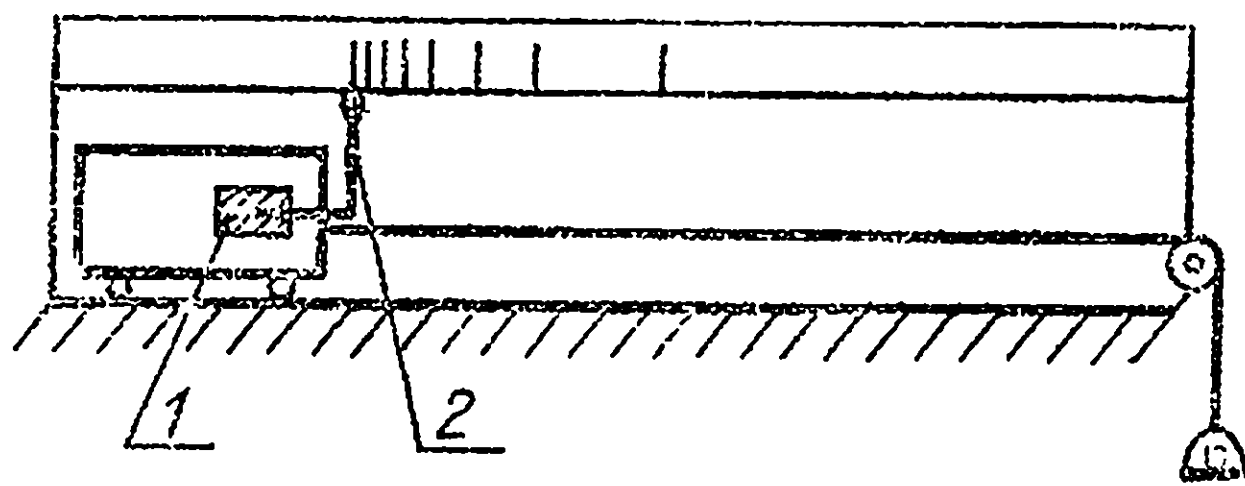


Рис. 15.1

Анализ проведенных опытов позволяет четко показать отличие неравномерного движения от равномерного.

С такой же точки зрения целесообразно подойти и к изучению средней скорости. В курсе физики VI класса средняя скорость получалась при делении пройденного пути на время движения. В VIII классе можно, исходя из этого, подчеркнуть, что в данном случае мы определяли среднюю скорость как скалярную величину. Такое понятие существует и используется в основном в задачах практического характера (приводятся примеры о походах туристов, движении транспорта и т. п.). Однако в физике средняя скорость рассматривается и как векторная величина, определяемая отношением перемещения к промежутку времени, за которое это перемещение произошло:

$$\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\vec{s}}{t}.$$

Следует заметить, что в настоящее время в учебной литературе как для средних учебных заведений, так и для высшей школы употребляются оба эти понятия.

2. Мгновенная скорость

Важной характеристикой переменного движения является мгновенная скорость, или скорость в данный момент, в данной точке траектории. Для обоснования необходимости введения ее проводят такое рассуждение. Знание средней скорости хотя и необходимо, но недостаточно для изучения переменного движения. С помощью средней скорости нельзя решить основную задачу механики для случая

¹ Опыт предложен Усовой А. В. с прибором ее конструкции.

переменного движения. Это положение можно иллюстрировать разбором следующей простой задачи:

Тело двигалось в течение промежутка времени, равного $t_1 = 20$ с со скоростью $v_1 = 20$ м/с и в течение промежутка времени $t_2 = 20$ с со скоростью $v_2 = 30$ м/с. Определить среднюю скорость.

Учащиеся в результате расчета получают $v_{\text{ср}} = \frac{v_1 t_1 + v_2 t_2}{t_1 + t_2} = 25$ м/с. Если, пользуясь полученным значением средней скорости, попытаться определить положение тела на траектории к моменту времени $t = 10$ с, то получится $s = 250$ м, а на самом деле тело будет находиться в точке $s = 200$ м. Другим убедительным доводом является практическая необходимость во многих случаях знать именно скорости в данный момент, а не средние скорости движения тел. Например, если тело ударяется о преграду, то действие его на преграду определяется скоростью в момент удара, а не средней скоростью; дальность полета ракеты и форма ее траектории определяются скоростью в момент запуска, а не ее средней скоростью и т. д. Поэтому нужно уметь определять мгновенную скорость неравномерного движения.

Как известно, мгновенной скоростью называют предел, к которому стремится средняя скорость $\vec{v}_{\text{ср}} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ при $\Delta t \rightarrow 0$.

Это записывается так: $\vec{v}_m = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$. В настоящее время учащиеся VIII класса еще не изучают пределы. Поэтому такое определение им недоступно. В учебнике [4, § 12] понятие о мгновенной скорости введено на основании разъяснения физически бесконечно малого промежутка времени и предельного перехода. При этом определение мгновенной скорости основывается на идее непрерывности, а разъяснение о векторном характере ее опирается на использование понятия векторной средней скорости. Таким образом, векторная средняя скорость является вспомогательным понятием, необходимым для введения векторной мгновенной скорости. При изложении этого вопроса нужно обратить внимание на следующее. Произвольное движение можно рассматривать как ряд последовательных равномерных и прямолинейных движений за малые промежутки времени Δt . Скорость в течение каждого такого промежутка времени можно считать постоянной и равной средней скорости. Эта скорость определяется формулой $\vec{v}_{\text{ср}i} = \frac{\Delta \vec{s}_i}{\Delta t}$. Утверждение о постоянстве скорости в очень малом промежутке времени основано на предположении о том, что при делении этого промежутка времени на две равные части модуль разности перемещений движущейся точки за время Δt пренебрежимо мал в сравнении с модулями самих перемещений. Это значит, что при дальнейшем уменьшении промежутка

времени Δt изменения модуля и направления вектора $\frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ столь незначительны, что уже нельзя их обнаружить. Так, с помощью электрического секундомера время измеряется с точностью до 0,01 с.

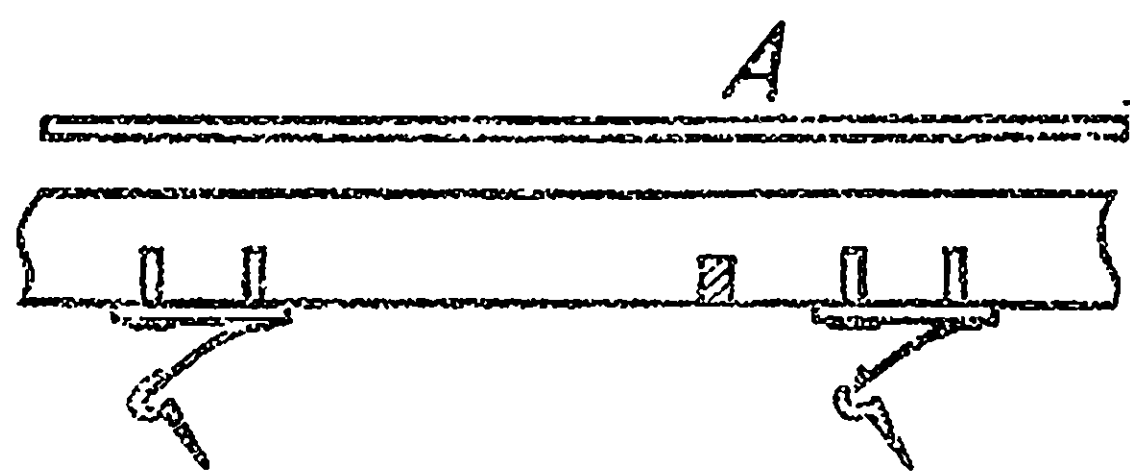


Рис. 15.2

Если промежуток времени $\Delta t < 0,01$ с, то этот секундомер не регистрирует изменения времени. Следовательно, изменение скорости $\vec{v}_i = \frac{\Delta \vec{s}_i}{\Delta t}$ при $\Delta t < 0,01$ с с помощью этого секундомера невозможно установить. Более точные электронные секундомеры измеряют время до 0,001 с. Но при использовании их тоже найдутся промежутки времени $\Delta t < 0,001$ с, когда изменение скорости нельзя заметить. Так как физический прибор имеет предел точности измерения, то при уменьшении промежутка времени Δt мы неизбежно приходим к тому, что изменение скорости за такой малый промежуток времени не будет обнаружено. В таком случае и считается, что найдена мгновенная скорость или скорость в данный момент. (При итоговом повторении курса механики в X классе определение мгновенной скорости можно дать, используя понятие предела.)

Уяснению смысла мгновенной скорости поможет следующая демонстрация. На приборе по кинематике и динамике отмечают мелом или указателем точку А, в которой требуется определить мгновенную скорость движущейся тележки. Укрепляют по обе стороны от точки А два фиксатора (рис. 15.2) и соединяют их с электрическим секундомером таким образом, чтобы при срабатывании первого фиксатора электрический секундомер включался, а второго — выключался. Стягивая фиксаторы к точке А и уменьшая этим Δs , насколько позволяет опыт, убеждаемся, что время движения Δt уменьшается, а $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ приближается к значению мгновенной скорости тележки в точке А.

После этого сообщаем учащимся, что скорость тела в данный момент, или мгновенная скорость, измеряется в технике специальными приборами. Например, в автомобилях, мотоциклах, самолетах для измерения мгновенной скорости применяют спидометры, скоростемеры. Сведения о них имеются в книге [47, с. 78—81].

На уроке может быть показан спидометр от мотоцикла или автомобиля. При наличии времени желательно продемонстрировать принцип его действия [70, с. 51]. Для закрепления материала решают задачи из упр. 7 учебника [4] и из задачника [32, § 3].

3. Ускорение. Равноускоренное движение

Ускорение — одно из важнейших кинематических понятий. Оно является совершенно новым для учащихся VIII класса и должно быть подробно разъяснено. Учащиеся уже знают, что равномер-

ное движение характеризуется векторной величиной — скоростью, которая остается неизменной по модулю и направлению во все время движения. В неравномерном же движении скорость изменяется с течением времени, в разных точках траектории значения скорости будут различны. Например, скорость поезда, отходящего от станции, возрастает, а скорость поезда, приближающегося к станции, уменьшается.

В разных случаях неравномерного движения скорость с течением времени меняется по-разному. Например, тяжелогруженный товарный состав развивает определенную скорость через несколько минут, а легковой автомобиль может достичь той же скорости уже через несколько секунд. Поэтому для сравнения переменных движений находят не просто изменение скорости, а изменение скорости за единицу времени (ускорение).

Можно начать изучение понятия ускорения с анализа записанного во время опыта графика неравномерного движения, обратив внимание учащихся на то, что значение скорости за каждый последующий промежуток времени возрастает, так как возрастают модули перемещений $|\Delta s_1|$, $|\Delta s_2|$, $|\Delta s_3|$ и т. д. за каждую последующую единицу времени, а значит, и скорости в эти отрезки времени:

$\vec{v}_{ср1} = \frac{\Delta \vec{s}_1}{\Delta t}$, $\vec{v}_{ср2} = \frac{\Delta \vec{s}_2}{\Delta t}$ и т. д. Далее определяют разности скоростей за $\Delta t = 1$ с: $\Delta \vec{v}_1 = \vec{v}_2 - \vec{v}_1$; $\Delta \vec{v}_2 = \vec{v}_3 - \vec{v}_2$ и т. д. и убеждаются, что они одинаковые. Теперь можно сообщить учащимся: чтобы узнать ускорение, надо определить изменение вектора скорости за единицу времени $\frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$.

Обозначив ускорение буквой a , записываем формулу $a = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$. Здесь имеется в виду так называемое среднее ускорение $\vec{a}_{ср} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$. Мгновенное же ускорение находится по тому же способу, как и мгновенная скорость. Имея в виду среднее ускорение, мы часто его будем называть просто ускорением. В равноускоренном движении ускорение постоянно.

Далее выясняем, как направлено ускорение движения тела (рис. 15.3). При этом особое внимание нужно обратить на тот случай, когда $|\vec{v}| < |\vec{v}_0|$, следовательно, $\Delta \vec{v}$ и ускорение направлено противоположно начальной скорости.

Для расчетов от векторной записи формул переходят к скалярной. В проекции на выбранную ось x формула ускорения запишется так: $a = \frac{v - v_0}{t}$, где a , v , v_0 — проекции на ось x соответственно векторов \vec{a} , \vec{v} , \vec{v}_0 . При $v - v_0 > 0$ проекция ускорения положительна, при $v - v_0 < 0$ — отрицательна.

Далее выясняем, как направлено ускорение движения тела (рис. 15.3). При этом особое внимание нужно обратить на тот случай, когда $|\vec{v}| < |\vec{v}_0|$, следовательно, $\Delta \vec{v}$ и ускорение направлено противоположно начальной скорости.

Для расчетов от векторной записи формул переходят к скалярной. В проекции на выбранную ось x формула ускорения запишется так:

$a = \frac{v - v_0}{t}$, где a , v , v_0 — проекции на ось x соответственно векторов \vec{a} , \vec{v} , \vec{v}_0 . При $v - v_0 > 0$ проекция ускорения положительна, при $v - v_0 < 0$ — отрицательна.

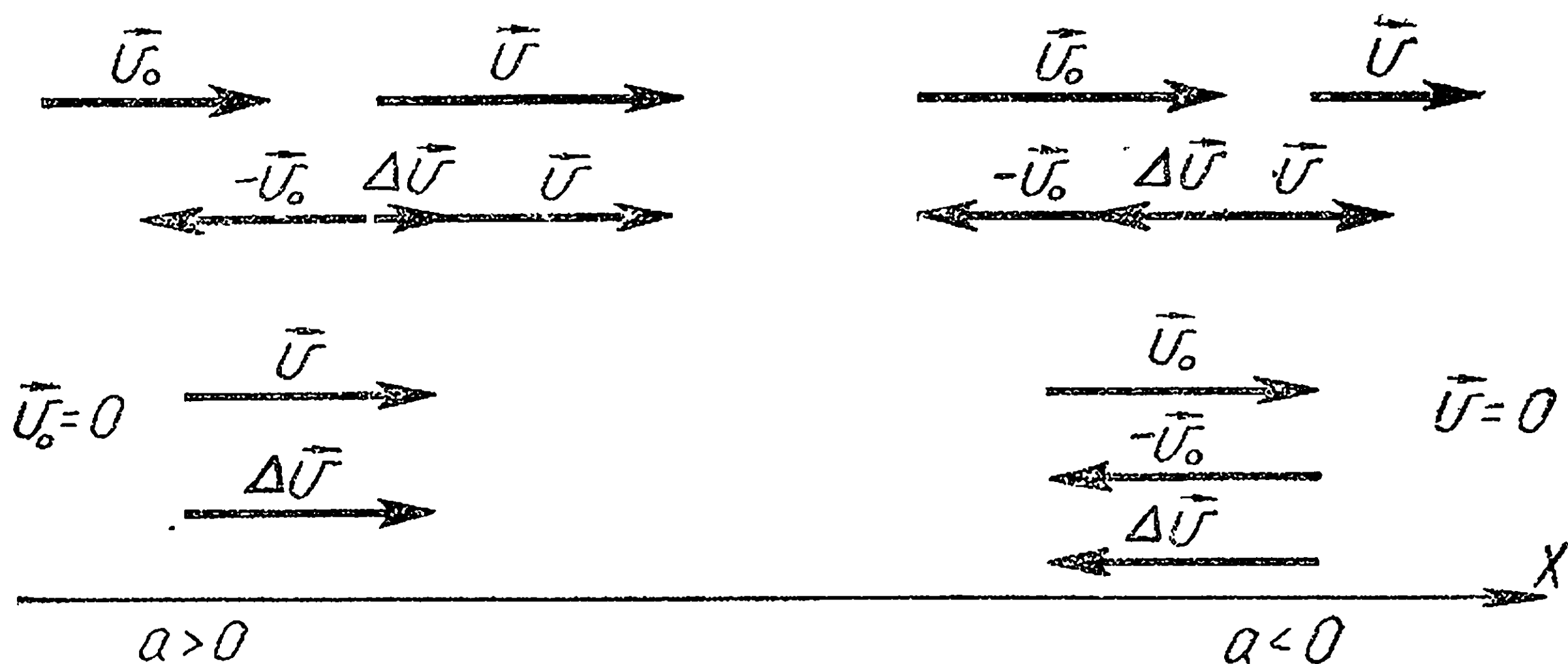


Рис. 15.3

Единица ускорения устанавливается из формулы $a = \frac{v - v_0}{t}$.

При $v - v_0 = 1$ м/с, $t = 1$ с получаем $a = 1$ м/с².

В общем случае неравномерного движения ускорение определить нелегко. Поэтому в курсе физики VIII класса рассматривается только простейший случай — равноускоренное движение. Движение называется равноускоренным, если мгновенная скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково. Существенным здесь является указание на изменение мгновенной скорости. Мгновенная скорость в разных точках различна.

Особое внимание следует обратить на то, что значение ускорения позволяет найти мгновенную скорость равноускоренного движения, если известны начальная скорость и время. В этом состоит его практическое значение. Действительно, из формулы $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$ учащиеся получают формулу мгновенной скорости равноускоренного движения: $\vec{v} = \vec{v}_0 + at$. Из нее видно, что для определения скорости в любой момент времени в равноускоренном движении надо знать начальную скорость и ускорение.

Учащиеся хорошо должны понимать, что в формуле $v = v_0 + at$ v , v_0 , a — проекции векторов \vec{v} , \vec{v}_0 , \vec{a} на какую-нибудь координатную ось, т. е. они могут быть как положительными, так и отрицательными. При таком подходе учащиеся всегда будут пользоваться одной формулой вместо двух по прежней методике. Для частного случая, когда $v_0 = 0$, они легко из нее сами находят выражение $v = at$. Необходимо разъяснить учащимся, что житейское понимание слова «ускорение» значительно уже его физического смысла. Понятие ускорения в физике включает в себя и замедление (отрицательное ускорение). В житейской же практике обычно считают ускоренным движение с положительным ускорением. В физике принято всякое движение с изменяющейся скоростью называть движением ускоренным, потому что любое такое движение характеризуется наличием ускорения. «Замедленное» движение нужно также считать

движением ускоренным, но с отрицательным ускорением, т. е. с ускорением, направленным против движения.

Таким образом, из определения ускорения следуют два существенных признака равноускоренного движения: в таком движении мгновенная скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково и ускорение постоянно. Нужно указать, что идеальных равноускоренных движений в природе не бывает, как и равномерных. Однако приближенно в течение более или менее короткого промежутка времени удастся наблюдать движения, при которых $a = \text{const}$. Таким движением, например, является движение поезда при отправлении от станции, падение камня, движение хоккейной шайбы, скользящей по льду после удара, движение центра шарика при качении его по наклонной плоскости и др. Этим обстоятельством и оправдано для практических целей изучение равноускоренного движения.

Чтобы создать реальное представление о значении ускорений, встречающихся в природе и технике, следует привести примеры средних значений ускорений. С таблицей скоростей учащиеся встречались еще в VI классе [10]. Таблицы ускорений в учебнике физики VIII класса нет. Поэтому можно воспользоваться данными из таблицы 15.1.

Т а б л и ц а 15.1¹

Движение с увеличивающейся скоростью	$a > 0$, м/с ²	Движение с уменьшающейся скоростью	$a < 0$, м/с ²
Пассажирский поезд	0,35	Автомобиль при аварийном торможении	—4...—6
Трамвай	0,6	Реактивный самолет при посадке	—5...—8
Грузовой автомобиль в начале движения	1	Парашютист во время наполнения купола парашюта при скорости падения 60 м/с	Около —60
Самолеты Ту-104 или Ил-18 при разгоне	Немного более 1		
Легковой автомобиль	2		
Гонимый автомобиль	4,5		
Скоростной пассажирский лифт	0,9...1,6		
Ракета при запуске спутника или космического корабля	60		
Снаряд в стволе орудия	500 000		

¹ Таблицу 15.1 можно изготовить на большом листе бумаги (ватман) и вывесить в физическом кабинете. Тогда использование ее на уроках может быть неоднократным. Например, при объяснении понятия ускорения учитель обращает внимание учащихся на порядок значений ускорений некоторых транспортных машин. Другой прием — применение таблицы при решении задач. Решив с учащимися задачу, например, на вычисление ускорения поезда, учитель спрашивает, какого порядка может быть ускорение самолета, троллейбуса, ракеты и т. д. Наконец, можно составить задачу, при решении которой значение ускорения приходится брать из таблицы 15.1.

Учащиеся будут удивлены, если учитель обратит их внимание на то, что ускорение при разгоне самолетов Ту-104 или Ил-18 лишь немного больше, чем у грузового автомобиля, и почти вдвое меньше, чем у легкового.

Изучение данного вопроса целесообразно завершить вычерчиванием графика скорости для равноускоренного движения (при $a > 0$ и $a < 0$). В качестве примера может быть использована следующая задача:

Материальная точка движется с постоянным ускорением. Построить график зависимости проекции ее скорости на ось x от времени, если: а) $v_{0x}=5$ м/с, $a_x=3$ м/с²; б) $v_{0x}=2$ м/с, $a_x=-1,5$ м/с².

Соответствующие задачи имеются в задачниках [19; 32; 51]. Полезно дать общее правило построения графиков [30].

В заключение обращают внимание на то, что *ускорение в системах отсчета, движущихся прямолинейно и равномерно относительно друг друга, одинаковое; оно не зависит от выбора системы отсчета (инвариант)*. Для разъяснения этого факта можно привести такой пример. Пусть по линии железной дороги равномерно и прямолинейно движется платформа, по которой идет человек. Очевидно, что скорость человека относительно земли будет отличаться от скорости его относительно платформы только постоянным слагаемым \vec{v}_0 . Следовательно, изменения скорости человека будут одинаковы в обеих системах отсчета, а значит, и одинаково будет ускорение человека в обеих системах отсчета («земля» и «платформа»).

Для закрепления материала рекомендуется решить задачи из упр. 8 учебника или задачи № 55—59 из задачника [32].

4. Перемещение при равноускоренном движении

Необходимость вывода формулы перемещения равноускоренного движения обосновывается тем, что, зная ее и формулу скорости, можно решить основную задачу механики для равноускоренного движения.

Действительно, если известны формулы

$$\begin{aligned}\vec{v} &= \vec{v}_0 + \vec{a}t, \\ \vec{s} &= \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2},\end{aligned}\tag{1}$$

то в проекциях на ось x получим:

$$\begin{aligned}v &= v_0 + at, \\ s &= v_0t + \frac{at^2}{2},\end{aligned}\tag{2}$$

или

$$x - x_0 = v_0 t + \frac{at^2}{2},$$

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}.$$

Эти формулы и позволяют решить основную задачу механики для данного случая. Очевидно, для нахождения координаты надо знать начальные условия (x_0 и v_0), а также ускорение a .

Из формул (2) при $v_0 = 0$ получаем:

$$v = at, \quad s = \frac{at^2}{2},$$

откуда

$$v_1 : v_2 = t_1 : t_2; \quad s_1 : s_2 = t_1^2 : t_2^2.$$

Формулы перемещения (координаты) и скорости равноускоренного движения при $v_0 = 0$ могут быть проверены на опытах с приборами по кинематике и динамике, выпускаемыми Главучтехпромом, и электромеханическим секундомером. Приборы позволяют довольно точно измерить время движения тележки на некотором участке s . Сделав измерения t_1 и t_2 , s_1 и s_2 , проверяют соотношения $s_1 : s_2 = t_1^2 : t_2^2$ и $v_1 : v_2 = t_1 : t_2$.

На уроке следует решить задачи, аналогичные тем, которые разобраны в учебнике [4, § 13].

На специальном уроке, отведенном для решения задач [51; 32], исследуется общее уравнение равноускоренного движения:

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a} t^2}{2}. \quad (3)$$

Для этой цели учащимся могут быть предложены задачи следующих типов:

З а д а н и е п е р в о г о т и п а. Рассмотреть частные случаи уравнения (3) при $s_0 = 0$, $v_0 = 0$, $a = 0$; $s_0 = 0$ и $a = 0$ и др. При этом учащиеся получают уравнения движения, изученные ими ранее. Они должны объяснить характер движения в каждом случае.

З а д а н и е в т о р о г о т и п а. Указать основные признаки прямолинейного равномерного движения; прямолинейного равноускоренного движения без начальной скорости и т. д.

З а д а н и е т р е т ь е г о т и п а. Доказать, что уравнение движения $s = 10 - 4t - 3t^2$ описывает равноускоренное движение с ускорением $a > 0$.

Методические рекомендации по решению задач. Усвоению теоретического материала о равноускоренном движении хорошо помогают правильно организованные занятия по решению задач. После изучения формул $v = v_0 + at$ и $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$ необходимо на первом этапе решать несложные задачи, цель которых — твердо

запомнить эти алгебраические выражения. При этом следует рекомендовать учащимся пользоваться общими формулами скорости и перемещения даже в тех случаях, когда $v_0 = 0$. Такой прием приучает их к единому подходу в решении задач и предостерегает от распространенных ошибок (при использовании частных формул, когда $v_0 = 0$). Затем переходят к более сложным задачам, требующим более глубокого анализа и применения нескольких формул в совокупности (скорости, перемещения, координаты). Главное место среди них занимает основная задача механики, т. е. определение координат тела, но не все задачи сводятся к ней. Самостоятельное значение имеют и такие задачи, в которых требуется определить скорость или время, путь или ускорение и др. Общее же значение во всех случаях имеет применение координатного метода решения задач. С помощью уравнения координаты $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$ особенно удобно решать задачи, где одновременно рассматривается движение нескольких тел. Приведем пример решения подобной задачи:

Из точки A выходит тело, движущееся с начальной скоростью $v_{01} = 3$ м/с и ускорением $a_1 = 2$ м/с². Спустя 1 с из точки B выходит другое тело, движущееся навстречу первому с постоянной скоростью $v_2 = 5$ м/с. Расстояние AB равно 100 м. Сколько времени будет двигаться первое тело до встречи со вторым?

Решение. Систему отсчета связываем с землей. Положительное направление оси x совместим с направлением движения первого тела. Расстояние будем отсчитывать от точки A , а время — от момента выхода первого тела. Запишем уравнение координаты движения первого тела: $x_1 = v_{01}t + \frac{a_1 t^2}{2}$. Для второго тела уравнение координаты будет $x_2 = x_0 - v_2(t - 1)$, где x_0 — начальное расстояние между телами. В момент встречи координаты обоих тел равны: $x_1 = x_2$, или $v_{01}t + \frac{a_1 t^2}{2} = x_0 - v_2(t - 1)$. Решив это уравнение относительно t , найдем $t = 7$ с.

Аналогично могут быть решены задачи на равноускоренное движение двух тел по наклонной плоскости [26]. Как показывает практика, учащиеся иногда допускают ошибки в расчетах из-за неумения правильно выбрать знак ускорения. С целью предупреждения ошибок необходимо заметить следующее. Не всегда в условии задачи указано, что движение происходит с отрицательным ускорением, так как знак ускорения, как уже отмечалось выше, зависит от выбора направления осей координат. В условии задачи чаще всего дается только абсолютное значение (модуль) величины. Учащиеся после выбора направления координат сами должны определить, с каким знаком они должны поставить в уравнение значение ускорения (или других величин). Разумеется, прочный навык в этом деле приобретается тренировкой, для чего нужно решить достаточное

количество разнообразных задач [4, упр. 8; 32, № 84—88, 91—93; 19, № 64—69].

Глубокому усвоению кинематики помогают работы, в которых сами школьники анализируют результаты записи различных движений и применяют изученные закономерности равноускоренного движения в конкретной ситуации. При проведении таких работ на любой демонстрационной установке показывают запись равноускоренного движения. Бумажную ленту с этой записью закрепляют на доске, указывают промежутки времени между последовательными отметками и расстояния между ними. По этим данным предлагают учащимся определить вид движения тела, ускорение в этом движении, а также построить график зависимости скорости от времени. Кроме того, заранее изготавливают уменьшенные в определенном масштабе (до размера тетрадной страницы) ленты, на которых записаны движения с различными ускорениями. Их используют в качестве раздаточного материала для выполнения учащимися аналогичных работ на уроках или дома.

Аналогичные задания могут выполняться со стробоскопическими фотографиями механического движения.

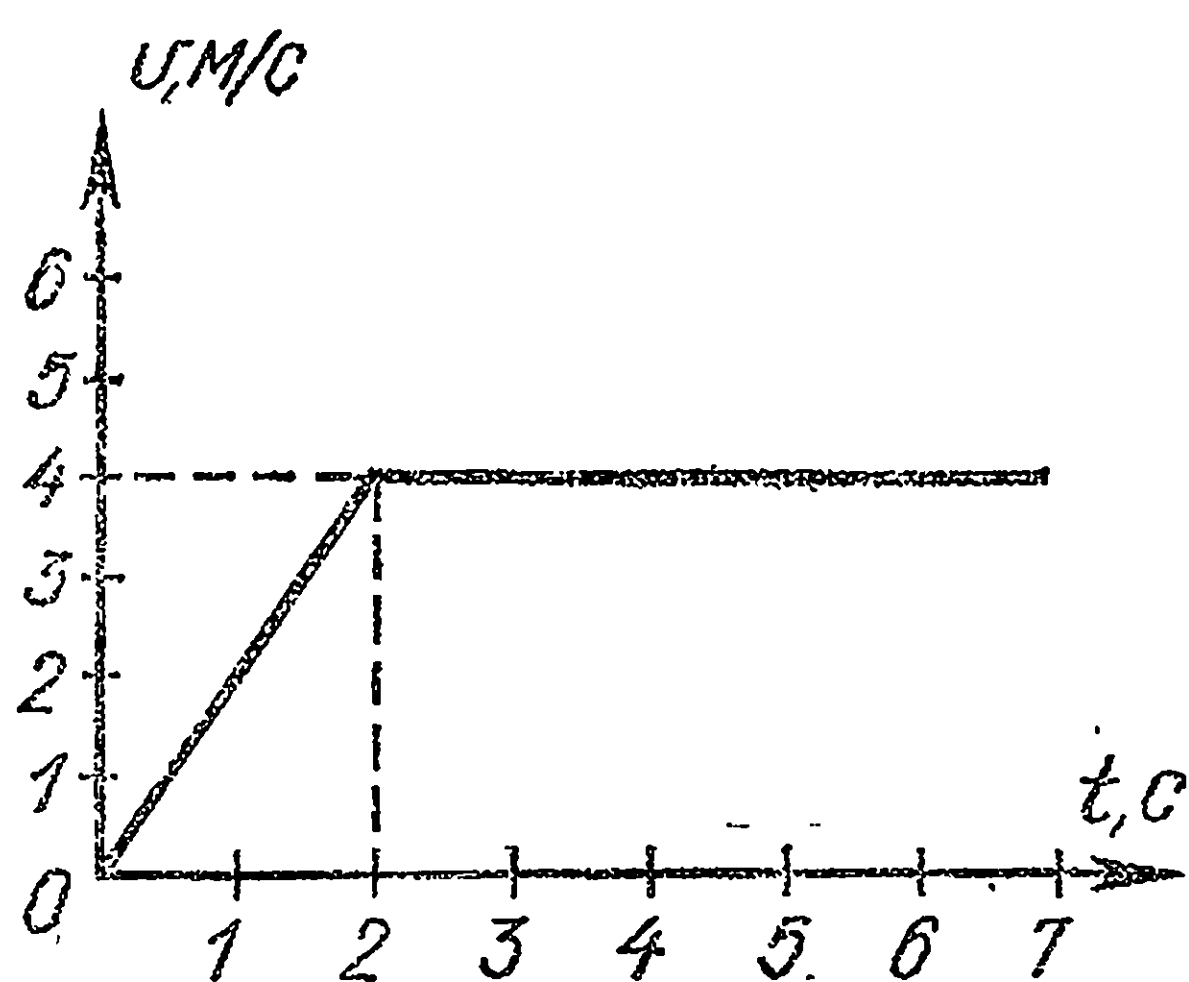
С целью проверки и контроля знаний учащихся рекомендуется проводить самостоятельные классные работы и контрольные работы.

Наряду с вычислительными задачами большое внимание должно быть уделено решению задач с применением графиков. Примером такого задания могут быть следующие задачи:

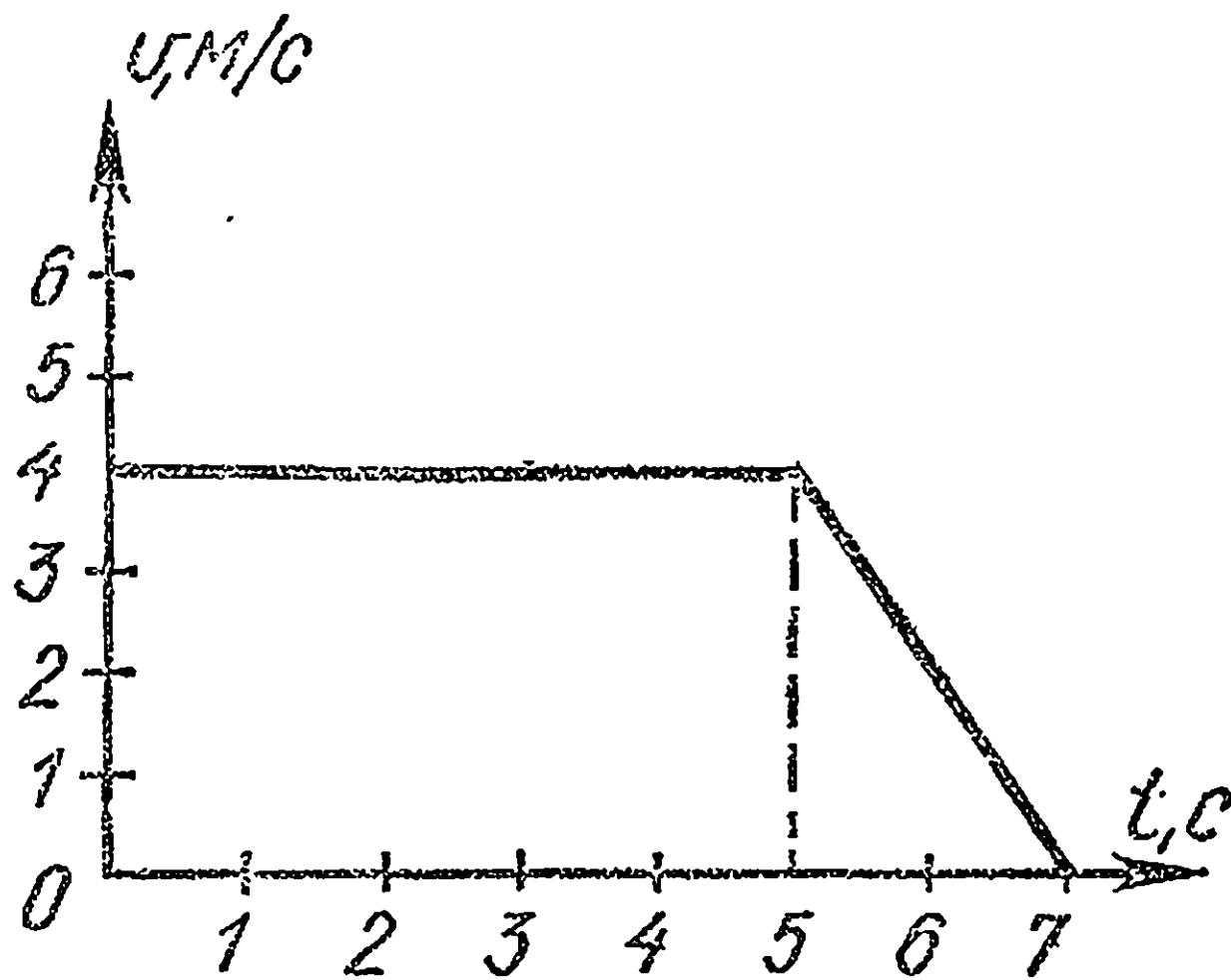
1. По графику (рис. 15.4) определить: а) характер движения тела; б) ускорение его движения; в) путь и перемещение при равноускоренном движении.

2. Движение точки задано графиком скорости (рис. 15.5). Определить среднюю скорость и среднее ускорение точки за 5 с. По данному графику скорости точки построить график ускорения.

Для проверки умений и навыков по анализу графиков можно применять задания, заготовленные на карточках [33], и программы-



I вариант



II вариант

Рис. 15.4

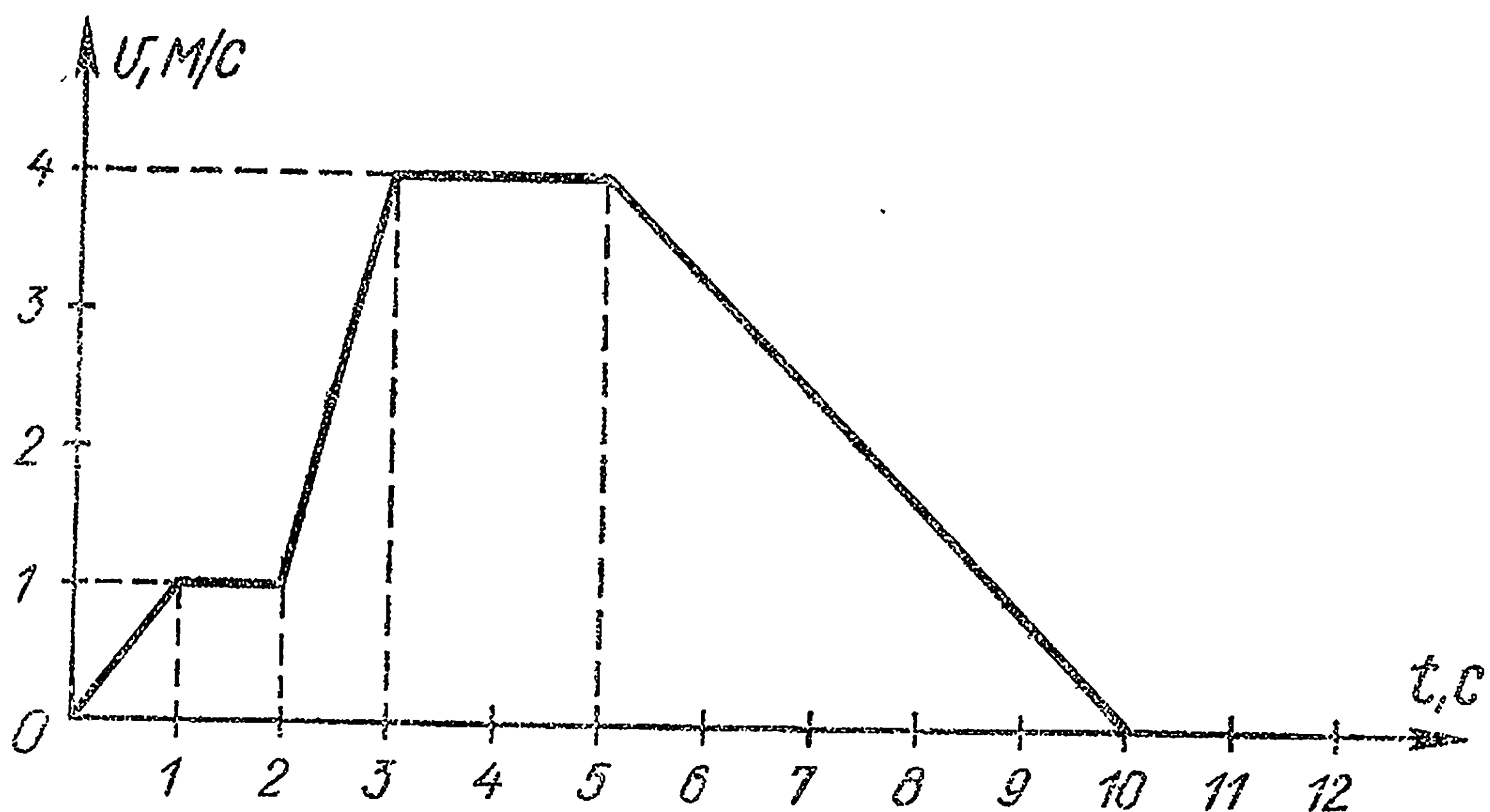


Рис. 15.5

рованные задания с графическим материалом [28]. Задачи на графики рекомендуется включать и в кратковременные, и в итоговые контрольные работы по физике.

5. Измерение ускорения

Важной практической задачей является ознакомление учащихся с экспериментальными методами определения ускорения. Одновременно здесь применяются полученные знания о перемещении. В учебнике физики для VIII класса (§ 14) описан один способ определения ускорения — с помощью анализа готовых фотографий равноускоренного движения, полученных стробоскопическим методом. Желательно к уроку подготовить копии таких фотоснимков в достаточном количестве, чтобы можно было раздать их учащимся. Тогда разбор сущности данного способа измерения ускорения может быть подкреплён выполнением практической работы учащимися. Если по какой-либо причине нет возможности применить различные стробоскопические фотографии, то можно использовать эпипроекцию или предложить учащимся обратиться к рисунку, приведенному в учебнике. Чтобы не создалось впечатления об исключительности стробоскопического метода, надо ознакомить учащихся с другими методами экспериментального определения ускорения. Для этой цели можно воспользоваться одной из следующих установок:

а) Демонстрационный прибор по кинематике и динамике. Измерив время движения тележки и пройденное перемещение, находят ускорение из формулы $a = \frac{2s}{t^2}$.

б) Самодельная установка — тележка с капельницей. Сообщив равноускоренное движение тележке по столу

(с настроенной капельницей), фиксируют на полоске бумаги капли через определенные равные промежутки времени. По расстояниям между каплями и времени можно вычислить ускорение. Такой способ наиболее простой для демонстрации опытов, но точность его значительно уступает вышеприведенным.

В заключение нужно указать, что в технике ускорение транспортных машин измеряют специальными приборами — акселерометрами. Необходимые сведения об акселерометрах учитель найдет в книге В. П. Демковича [47, с. 88—91]. На уроке может быть продемонстрирован принцип действия акселерометра, как это рекомендуется в статье Х. Д. Рошовской [70, с. 52].

Для закрепления материала решают задачу № 69 из задачника [32]. Полученные знания об измерении ускорения учащиеся закрепляют при проведении лабораторной работы, которой посвящается отдельный урок. Работа может проводиться в двух вариантах:

1. Определение ускорения тела при равноускоренном движении.
2. Проверка соотношения $s_1 : s_2 = t_1^2 : t_2^2$ при движении шарика по наклонной плоскости.

Обе работы выполняются на одном и том же приборе — желобе Галилея¹. Первый вариант работы описан в учебнике физики для VIII класса. Описание и методические указания о проведении работы по второму варианту имеются в книге «Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе» [60]. В связи с лабораторной работой учащиеся решают задачи на равноускоренное движение [19, № 67, 68, 71].

6. Средняя скорость при прямолинейном равноускоренном движении.

Связь между перемещением и скоростью

В учебнике физики для VIII класса [4, § 15] формула средней скорости $v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}$ выводится из двух известных учащимся уравнений: $s = v_{\text{ср}}t$ и $s = \frac{v_0 + v}{2}t$. Первое выражение для перемещения записано на основе определения средней скорости [4, § 11]. Второе выражение для перемещения

¹ Для измерения времени учащиеся могут пользоваться спортивными секундомерами. При отсутствии таковых используется метроном (один на класс). При проведении лабораторной работы громкость удара метронома вследствие неизбежного рабочего шума часто оказывается недостаточной. Для ее увеличения можно применить такой прием. Помещают метроном перед микрофоном, который присоединяют ко входу усилителя звуковой частоты (например, от школьного киноаппарата). При этом воспроизводятся удары большой громкости (регулируется регулятором громкости усилителя). Лучше метроном, микрофон и усилитель поместить в препараторской, а в кабинете физики оставить только репродуктор. Еще лучше воспользоваться выпускаемым в настоящее время электрометроном.

было получено ранее из графика скорости с помощью геометрической теоремы о площади трапеции [4, § 13]. Таким образом, вывод формулы средней скорости вполне обоснован и доступен учащимся. Получив на уроке формулу $v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}$, надо показать, что применение ее в ряде задач упрощает расчеты. В первых упражнениях на применение формулы $v_{\text{ср}} = \frac{v_0 + v}{2}$ лучше брать задачи, в которых начальная или конечная скорость тела равна нулю, тогда целесообразность ее использования в расчетах выступает наиболее рельефно. Например, можно рассмотреть следующие задачи:

1. Какова средняя скорость движения самолета по взлетной полосе аэродрома, если его взлетная скорость 180 км/ч? Считать, что самолет движется равноускоренно.

2. С какой скоростью пущена стрела из лука вертикально вверх, если до верхней точки траектории она двигалась со средней скоростью 20 м/с? Ускорение стрелы считать постоянным.

3. Лыжник после спуска с горы скользит до полной остановки. При этом начальная и конечная скорости лыжника равны нулю. Равна ли нулю средняя скорость его движения на всем пути?

Продолжая изложение материала, на этом уроке (при активном участии учащихся) выводят формулу $v^2 - v_0^2 = 2as$ (скалярная форма), которая часто применяется при решении задач. Для этого целесообразно показать учащимся необходимость такой формулы на примере конкретной задачи примерно следующего содержания:

Автомобиль, перемещаясь со скоростью 40 км/ч, начал двигаться равноускоренно. Каким должно быть ускорение, чтобы скорость автомобиля возросла до 60 км/ч на отрезке пути в 100 м?

Анализ уже известных учащимся формул показывает, что для нахождения искомой величины необходимо решить систему уравнений

$$\begin{aligned} v &= v_0 + at, \\ s &= v_0 t + \frac{at^2}{2}. \end{aligned}$$

Исключив из них t , получим искомую формулу $v^2 - v_0^2 = 2as$. Эту формулу удобно применять для решения тех задач, когда время движения неизвестно и не представляет интереса. Полученную скалярную формулу надо проанализировать. Из нее получают формулу для определения мгновенной скорости равноускоренного движения: $|\vec{v}| = \sqrt{v_0^2 + 2as}$. Для закрепления материала решают задачи из упр. 10 учебника [4].

7. Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально вверх

Приступая к объяснению этого материала, учитель обращает внимание на то, что оба эти случая движения по существу представляют примеры равноускоренного движения. Но они имеют свои особенности и примечательны тем, что движения совершаются с ускорением, абсолютное значение которого для всех тел постоянно. На этом уроке целесообразно привести краткие исторические сведения об опытах Галилея по изучению падения тел. Прекрасный материал по этому вопросу с иллюстрациями учитель может найти в книгах Ф. Д. Бублейникова, И. Н. Веселовского [38, с. 36—38] и П. С. Кудрявцева [42, с. 54].

После исторического введения естественно перейти к современной трактовке понятия и законов свободного падения. Понятие о свободном падении тела разъясняется согласно определению его, приведенному в учебнике [4, § 16]. Свободное падение происходит только под действием силы притяжения Земли. Тот факт, что свободное падение тел — ускоренное движение, не вызывает сомнений у учащихся. В этом они легко убеждаются, наблюдая за движением падающего шарика и других тел. Однако на вопрос, является ли свободное падение равноускоренным движением, они не могут ответить. Ответ на этот вопрос дает эксперимент. Если, например, сделать ряд моментальных снимков падающего шарика через равные промежутки времени (стробоскопические фотографии), то по расстояниям между последовательными положениями шарика можно определить, что движение действительно является равноускоренным¹. Ускорение свободного падения обозначают буквой g . Значит, $a = g = \text{const}$. Учащиеся теперь сами должны записать формулы для свободного падения:

$$\vec{v} = \vec{g}t; \quad \vec{s} = \vec{H} = \frac{\vec{g}t^2}{2} \quad (\text{при } v_0 = 0);$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t; \quad \vec{H} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{g}t^2}{2} \quad (\text{при } v_0 \neq 0).$$

Понятие свободного падения имеет широкий смысл: тело совершает свободное падение не только когда его начальная скорость равна нулю. Если тело брошено вниз с начальной скоростью \vec{v}_0 , то оно будет при этом тоже свободно падать. Более того, свободное падение не обязательно представляет собой движение вниз. Если начальная скорость тела направлена вверх, то тело при свободном падении некоторое время будет лететь вверх, уменьшая свою скорость, и лишь затем начинает падать вниз. Далее, естественно, возникает новая проблема: каково значение ускорения свободного

¹ См.: Физика в школе, 1971, № 6; 1967, № 4; Наука и жизнь, 1967, № 6.

падения? Решается она экспериментально путем измерения ускорения свободного падения. Для этой цели удобно применить школьный электронный секундомер, выпускаемый Главучтехпромом. Измерив время падения шарика $t = 0,81$ с при высоте падения $H = 95$ см, вычисляют ускорение $|\vec{g}|$ по формуле $|\vec{g}| = \frac{2H}{t^2}$: $|\vec{g}| \approx 9,81$ м/с².

Опыт повторяют несколько раз, изменяя высоту падения шарика. (Полезно обратить внимание учащихся на известный им факт, что ускорение в равномерно и прямолинейно движущихся системах отсчета одинаково, что справедливо, разумеется, и для ускорения свободного падения.)

В качестве домашнего задания можно предложить учащимся самостоятельно определить $|\vec{g}|$, проанализировав стробоскопическую фотографию свободного падения шарика, приведенную в учебнике [4, упр. 11, § 6].

Движение тела, брошенного вертикально, изучается на другом уроке. С помощью баллистического пистолета производят выстрел «снаряда» вертикально вверх. Учащиеся наблюдают за полетом шарика вверх и последующим его падением вниз. Из этого факта заключают, что шарик при полете вверх совершил замедленное движение и затем свободно падал вниз ускоренно.

На уроке целесообразно показать эффектный опыт вертикального движения шарика в стробоскопическом освещении. Какое-нибудь темное поле, например черный занавес (или штору), освещают мигающим светом от фонаря, перед которым поставлен обтюратор, вращаемый от мотора (можно применить киноаппарат, снабженный, как известно, обтюратором). Опыт заключается в следующем. Перед занавесом бросают вверх белый шарик (шарик для пинг-понга). Наблюдатели видят шарик в положениях, куда он попадает через равные промежутки времени, и благодаря сохранению зрительного впечатления могут судить о расстояниях, проходимых шариком за эти промежутки. Подобные же наблюдения делают, заставляя шарик падать по вертикали вниз. При хорошо подобранном числе перерывов света в секунду получается четкий результат.

Анализируя движение тела, брошенного вертикально вверх, нетрудно подвести учащихся к выводу о том, что на участках движения «вверх» и «вниз» как бы повторяются движения в обратной последовательности. Поэтому принципиального отличия данного случая движения от свободного падения нет. Как и при свободном падении, для движения тела, брошенного вертикально, можно применять одну и ту же форму записи формул перемещения, скорости и координаты. В проекциях на ось координат x , направленную вверх, формулы имеют вид:

$$v = v_0 - |\vec{g}|t; \quad H = v_0t - \frac{|\vec{g}|t^2}{2}; \quad |\vec{g}| = 9,8 \text{ м/с}^2.$$

Но поскольку $H = x_0 - x$, то $x = x_0 + v_0t - \frac{|\vec{g}|t^2}{2}$. При таком

подходе задача на определение положения брошенного тела вверх в любой момент времени решается непосредственно при использовании одной формулы $x = x_0 + v_0 t + \frac{gt^2}{2}$ без расчленения задачи на ряд частных.

В заключение нужно подчеркнуть, что эти формулы обладают общностью в том смысле, что они применимы как для движения тела под действием силы тяжести из состояния покоя, так и для движения тела, брошенного вертикально вверх. Тем самым представляется возможность решать разнообразные по содержанию задачи на движение единым способом. При помощи этих формул рассчитывают также максимальную высоту полета, время подъема и падения тела, брошенного вертикально вверх.

В качестве примера целесообразно рассмотреть на уроке следующую экспериментальную задачу:

Определить начальную скорость полета снаряда, выпущенного из баллистического пистолета. Определить время подъема и падения снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь.

Р е ш е н и е. Установим баллистический пистолет так, чтобы можно было произвести выстрел вертикально вверх, параллельно линейке. Произведя выстрел, измеряем высоту полета $H = 110$ см. Затем вычисляем начальную скорость полета снаряда по формуле

$$v_0 = \sqrt{2|\vec{g}|H}; \quad v_0 = \sqrt{2 \cdot 9,8 \text{ м/с}^2 \cdot 1,1 \text{ м}} = 4,5 \text{ м/с}.$$

Время его падения находим из формулы $H = \frac{|\vec{g}|t^2}{2}$;

$$t = \sqrt{\frac{2H}{|\vec{g}|}}; \quad t = \sqrt{\frac{2 \cdot 1,1 \text{ м}}{9,8 \text{ м/с}^2}} = 0,47 \text{ с}.$$

Для закрепления материала решают простые задачи, например № 1, 3, 7, 12 из упр. 11 учебника [4]. Решению более сложных задач [51] посвящается отдельный урок. Завершается тема повторением материала и проведением контрольной работы [22; 28].

Г Л А В А 16

КРИВОЛИНЕЙНОЕ ДВИЖЕНИЕ

В этой теме учащиеся получают лишь общие представления о криволинейном движении и более подробно изучают равномерное движение тела (точки) по окружности. Основными новыми физическими понятиями, которые рассматриваются в данной теме, являются *угловая и линейная скорости, радиан, центростремительное ускорение*. Формированию их учитель должен уделить серьезное вни-

манье, так как усваиваются они нелегко. В то же время при изучении криволинейного движения мгновенная скорость, о которой учащиеся знают из предыдущей темы, приобретает особое значение. В данной теме основная задача механики решается для случая равномерного движения тела (точки) по окружности. Этой темой завершается раздел «Кинематика». Поэтому в ней должно быть сделано обобщение знаний о кинематических понятиях, которые широко будут применяться в дальнейшем. Следовательно, в конце темы целесообразно провести урок обобщающего повторения.

На изучение темы «Криволинейное движение» программой отводится 6 ч. Рекомендуем следующее примерное планирование материала темы:

- 1-й у р о к. Криволинейное движение. Перемещение, скорость и ускорение при криволинейном движении.
- 2-й у р о к. Движение по окружности. Угол поворота, радиан. Решение задач.
- 3-й у р о к. Угловая и линейная скорости при равномерном движении по окружности. Решение задач.
- 4-й у р о к. Ускорение при равномерном движении тела по окружности.
- 5-й у р о к. Об относительности движения тела при вращении системы отсчета.
- 6-й у р о к. Обобщающее повторение. Решение задач.

1. Криволинейное движение.

Перемещение, скорость и ускорение при криволинейном движении

Из курса физики VI класса учащиеся знают, что движение, траекторией которого является кривая линия, называется криволинейным движением. В VIII классе эти знания дополняются и углубляются.

Приводим примеры криволинейного движения (движение тела, брошенного под углом к горизонту; вращение Земли вокруг Солнца, движение искусственных спутников вокруг Земли, движение снаряда, вылетевшего из орудия и др.)¹.

Демонстрируем некоторые опыты (выстрел из баллистического пистолета, движение шарика на центробежной дороге, изменение направления движения стального шарика под действием магнита и др.).

Используя график траектории, изображенной на рисунке 52 учебника [4], учитель уже в самом начале обращает внимание учащихся на отличие криволинейного движения от прямолинейного.

¹ Примеры движения по окружности, используемого в сельскохозяйственных машинах и технологических процессах, приведены в книге А. В. Усовой и Н. Н. Антроповой «Связь преподавания физики в школе с сельскохозяйственным производством» [1,33].

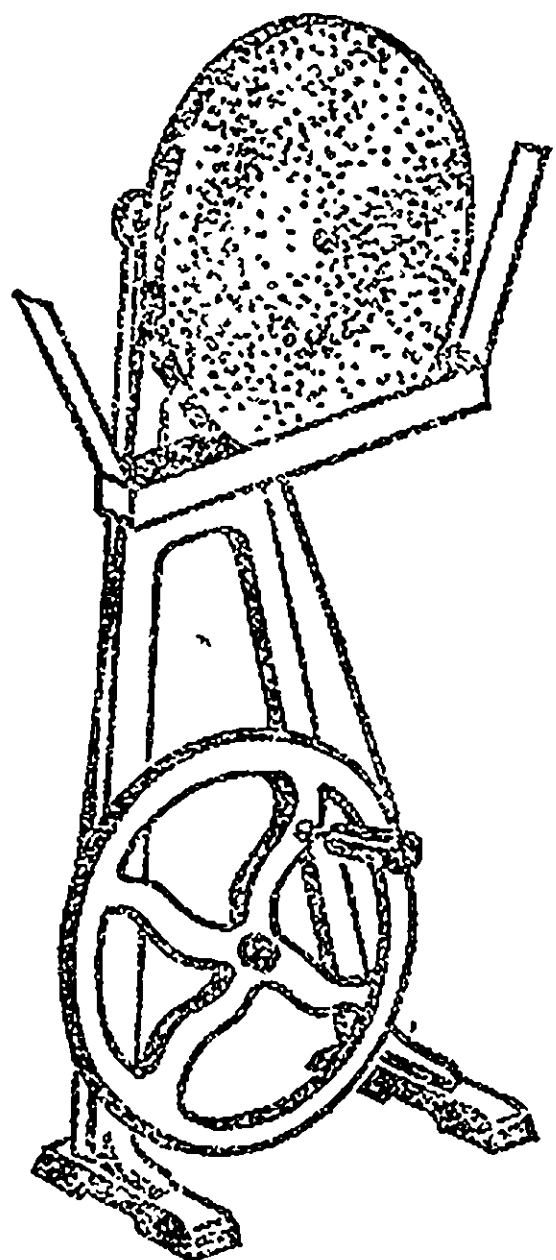


Рис. 16.1

Учащиеся знают, что в случае прямолинейного движения траектория — прямая линия и поэтому положение любой точки траектории определяется одной координатой. В случае криволинейного движения, происходящего на плоскости, изменяются две координаты x и y .

После этого выясняем, как изменяется скорость в криволинейном движении, даем понятие о направлении скорости и перемещения в криволинейном движении. Важно объяснить это материала иллюстрировать опытом, показывающим, что вектор скорости точки направлен по касательной к траектории движения. Наглядный опыт с точилом описан в учебнике [4, § 17]. Кроме того, рекомендуем на уроке показать следующую демонстрацию.

На центробежной машине укрепляется вертикально фанерный круг диаметром 18—20 см. Нижняя его часть (сегмент) погружается в сосуд с подкрашенной водой (можно использовать сосуд от прибора по теплоемкости) (рис. 16.1). При вращении круга центробежной машины струи воды летят по направлениям касательных к кругу.

Эти опыты помогают учащимся сделать вывод: направление скорости криволинейного движения определяется направлением касательной в той точке траектории, в которой находится в данный момент вращения движущаяся материальная точка. Абсолютное значение скорости в криволинейном движении измеряется отношением пути, пройденного материальной точкой за известный промежуток времени, к значению этого промежутка времени. Длина пути в этом случае отсчитывается по дуге, вдоль траектории движения. (Для учителя напомним, что при изучении криволинейного движения точки в механике пользуются понятиями тангенциального и нормального ускорения и полного ускорения.)

Так как направление касательной к траектории в разных точках различно, то это означает, что в криволинейном движении в общем случае скорость изменяется по направлению.

При изучении криволинейного движения особое значение приобретает мгновенная скорость. Обращаем внимание и на следующий факт. В криволинейном движении вектор скорости не совпадает по направлению с вектором перемещения, а составляет с ним некоторый угол. В прямолинейном же движении направления векторов \vec{s} и \vec{v} совпадают или противоположны.

Для закрепления материала разбираются вопросы из упр. 12 учебника [4].

2. Движение по окружности. Линейная и угловая скорости при равномерном движении по окружности

Любое криволинейное движение можно представить приближенно как движение по дугам некоторых окружностей. Именно поэтому изучение его представляет значительный интерес. Можно привести много примеров движений тел, траекторией которых является окружность (движение самолета, описывающего «мертвую петлю»; людей на карусели, мотоциклов на поворотах дороги и т. д.). При этом следует сделать следующее замечание. Если тело движется по окружности, то, вообще говоря, различные его точки в одно и то же время проходят различные расстояния. Однако если радиус окружности значительно превосходит размеры тела, то можно описывать его движение как движение одной материальной точки. Движение материальной точки по окружности вполне характеризуется скоростью в каждой точке траектории. При равномерном вращении скорость изменяется только по направлению, а модуль скорости остается постоянным. Однако вычислить мгновенную скорость в каждой точке криволинейной траектории трудно и не всегда удобно. Поэтому для практических целей движение точки по окружности принято характеризовать линейной (окружной) скоростью, которая является скалярной величиной и определяется длиной пути, пройденной точкой окружности за единицу времени. По определению линейная скорость $v = \frac{l}{t}$.

Другими величинами, характеризующими движение точки по окружности, являются угол поворота и угловая скорость. Необходимость их введения достаточно обоснована в учебнике.

При рассмотрении понятий линейной и угловой скорости можно применить самодельный прибор (рис. 16.2). Прибор изготавливают из фанеры, устройство его ясно из рисунка. Различие линейной и угловой скоростей демонстрируется так. Совмещают подвижный радиус OA_1 с неподвижным радиусом OA , затем диск медленно и равномерно поворачивают на некоторый угол и показывают криволинейную траекторию движения точки A — дугу AA_1 . Сообщают, что отношение длины этой дуги ко времени и дает линейную скорость точки A . Затем повторяют демонстрацию и обращают внимание учащихся на длину путей точек A , B и C , по-разному удаленных от оси вращения. Делают вывод о разном значении линейных скоростей этих точек. Равно-

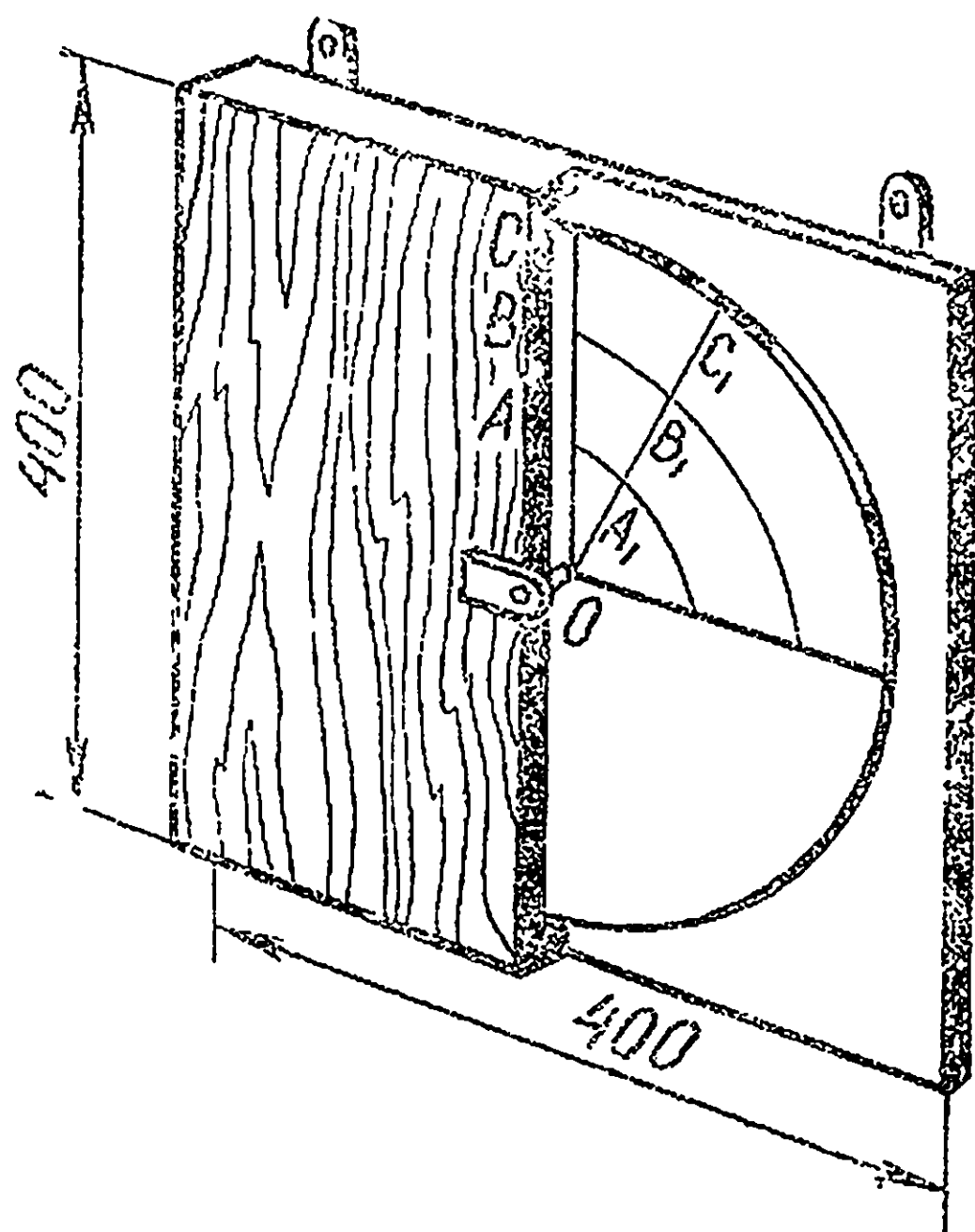


Рис. 16.2

мерно вращая диск и обращая внимание на изменение угла поворота подвижного радиуса относительно неподвижного, можно дать понятие об угловой скорости. Медленнее и более быстрое движение диска проиллюстрирует движение с меньшей и большей угловыми скоростями. Наконец, если равномерно вращать диск так, чтобы он поворачивался за 1 с (по метроному) на угол в один радиан, можно дать понятие об единице угловой скорости — 1 рад/с.

На уроке полезно привести примеры значений линейных и угловых скоростей, встречающихся в природе и технике [21]. Наконец, следует обратить внимание на то, что линейная и угловая скорости — относительные величины. Чтобы показать, что линейная скорость материальной точки, движущейся по окружности, зависит от выбора системы отсчета, можно привести пример: «Безостановочная железная дорога» из книги Я. И. Перельмана [87]. Относительность угловой скорости можно пояснить таким примером. Земной шар в системе отсчета, связанной с Солнцем, имеет угловую скорость вращения вокруг своей оси $\omega = 7 \cdot 10^{-5}$ рад/с. В системе же отсчета, связанной с каждым из нас, угловая скорость вращения Земли равна нулю.

Для закрепления знаний формул линейной и угловой скоростей точки на данном уроке решают задачи из упр. 13 и 14 учебника [4].

Можно предложить учащимся и такую задачу:

Найти угловую и линейную скорости искусственного спутника Земли, вращающегося по круговой орбите с периодом вращения $T = 88$ мин, если известно, что его орбита расположена на расстоянии 200 км от поверхности Земли в плоскости экватора.

3. Ускорение при равномерном движении тела (точки) по окружности

В школьных учебниках физики для вывода формулы центростремительного ускорения чаще всего используют способ, основанный на предельном переходе. Однако ввиду отсутствия знаний у учащихся VIII класса о предельном переходе в курсе школьной механики он является нестрогим и трудно усваивается учащимися. Способ, примененный в учебнике В. Г. Зубова [3], требует много времени на объяснение, длинен и труден для учащихся. Поэтому заслуживает внимания прием, предложенный авторами нового стабильного учебника физики для VIII класса [4, § 20]. Вначале следует обратить внимание на то обстоятельство, что при равномерном движении материальной точки по окружности вектор скорости непрерывно изменяется по направлению. Следовательно, за промежуток времени t происходит некоторое изменение скорости $\Delta \vec{v}$. Таким образом, в этом случае движения возникает ускорение $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}$. Важно за-

метить, что здесь речь идет об ускорении в точке окружности (промежуток времени t берется достаточно малым). Чтобы определить направление вектора \vec{a} и его модуль $|\vec{a}|$, например, в точке A окружности (рис. 16.3), целесообразно воспользоваться свойством двух векторов, имеющих равные модули и образующих малый угол, и зависимостью между линейной и угловой скоростями [4, § 18—19].

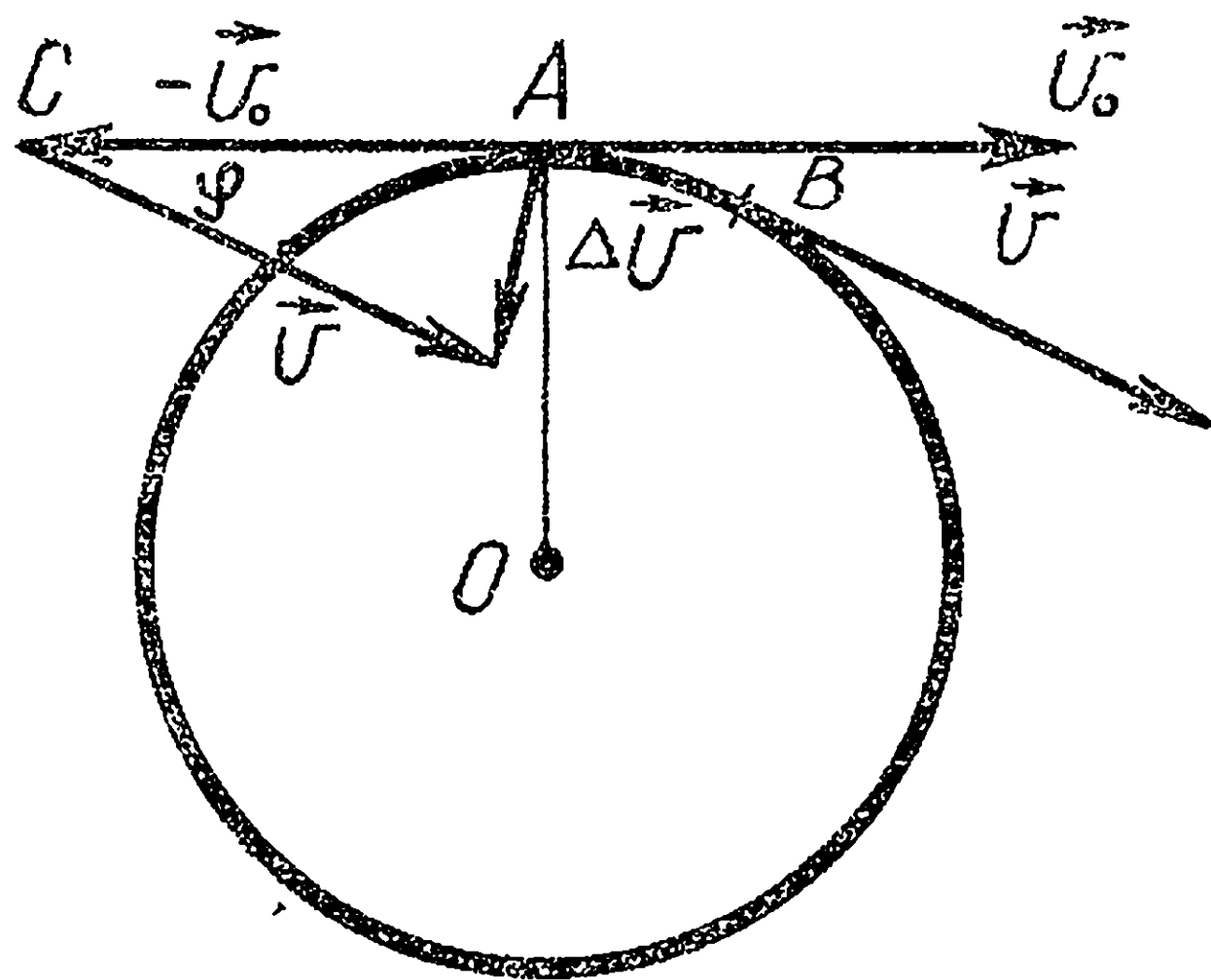


Рис. 16.3

Пусть за очень малый промежуток времени тело переместилось из точки A в точку B (см. рис. 16.3). Тогда изменение вектора скорости $\Delta \vec{v} = \vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{v} + (-\vec{v}_0)$. Следовательно, для определения $\Delta \vec{v}$ достаточно к вектору $-\vec{v}_0$ прибавить вектор \vec{v} . Из рисунка видно, что вектор $\Delta \vec{v}$, равный разности $\vec{v} - \vec{v}_0$, направлен в сторону кривизны окружности в точке A . По свойству векторов, изложенному в § 18, модуль разности двух равных векторов, образующих малый угол φ , равен произведению модуля вектора на угол, т. е. $|\Delta \vec{v}| = |\vec{v}| \varphi$. Кроме того, в § 18 было доказано, что в этом случае вектор $\Delta \vec{v}$ должен быть перпендикулярен вектору \vec{v} (так как между векторами \vec{v}_0 и \vec{v} угол мал). Вектор скорости \vec{v}_0 (как и \vec{v}) направлен по касательной, а касательная перпендикулярна радиусу. Отсюда следует, что вектор $\Delta \vec{v}$ должен быть направлен по радиусу окружности, к ее центру. Из формулы $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{t}$ следует, что вектор ускорения

имеет такое же направление, что и вектор $\Delta \vec{v}$ (так как время t — скалярная величина). Таким образом, учащиеся подводятся к выводу: вектор ускорения, возникающего при равномерном движении по окружности тела или точки, всегда направлен по радиусу к центру окружности. Поэтому такое ускорение называется центростремительным. Далее находят модуль центростремительного ускорения:

$$|\vec{a}| = \frac{|\Delta \vec{v}|}{t} = \frac{|\vec{v}| \varphi}{t} = |\vec{v}| \frac{\varphi}{t} = |\vec{v}| \omega.$$

Учащимся известно, что $|\vec{v}| = \omega R$. Подставив это значение $|\vec{v}|$ в предыдущую формулу, получим $|\vec{a}| = \omega^2 R$, или $|\vec{a}| = \frac{v^2}{R}$.

Необходимо обратить внимание учащихся еще на следующий важный факт. Так как $|\vec{v}|$ и R — постоянные величины, то модуль

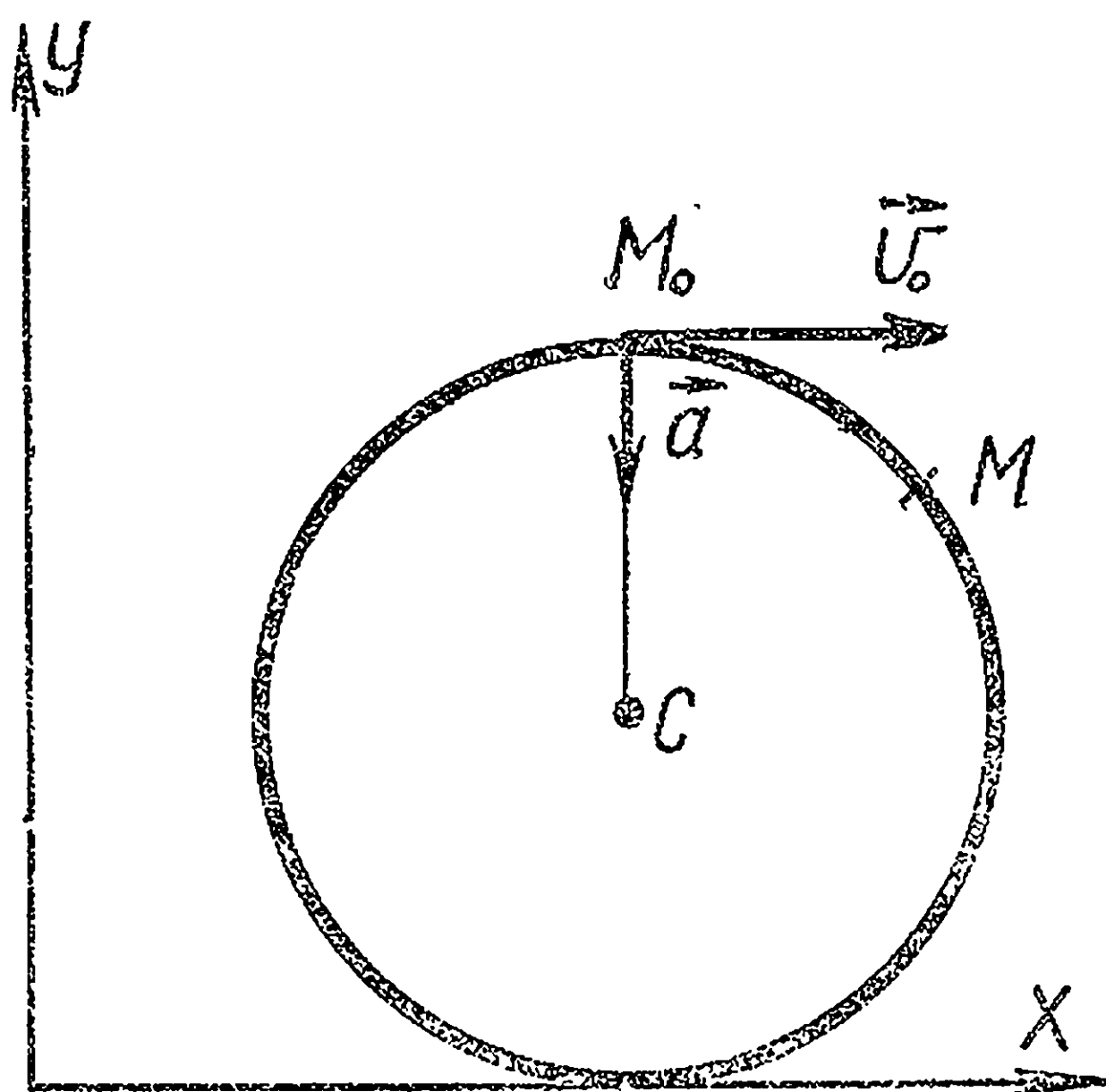


Рис. 16.4

вектора ускорения при равномерном движении тела по окружности остается все время неизменным. Однако отсюда еще нельзя сделать заключение, что такое движение равноускоренное. Так как в процессе равномерного движения тела по окружности вектор ускорения направлен по радиусу к центру, то непрерывно изменяется его направление. Таким образом, равномерное движение тела (точки) по окружности есть движение с переменным ускорением; оно не является равноускоренным.

В заключение кратко поясняем, как решается в принципе основная задача механики для случая равномерного движения тела по окружности.

Из формулы центростремительного ускорения $|\vec{a}| = \frac{v^2}{R}$ получаем выражение для радиуса окружности $R = \frac{v^2}{|\vec{a}|}$. Пусть начальное положение точки M_0 известно (координаты x_0, y_0). Модули скорости и ускорения постоянны: $|\vec{v}| = \text{const}$; $|\vec{a}| = \text{const}$. Тогда $R = \text{const}$. Построим в точке M_0 векторы скорости \vec{v}_0 и центростремительного ускорения \vec{a} , которые должны быть взаимно перпендикулярны (рис. 16.4). Отложив от точки M_0 по направлению ускорения расстояние R , найдем центр окружности. Затем опишем окружность радиусом R , проходящую через точку M_0 . Отложив от точки M_0 по дуге окружности расстояние $l = |\vec{v}_0| t$, найдем положение точки M в момент t .

При изучении движения по окружности нуждаются в конкретизации понятия «число оборотов в единицу времени», «линейная скорость» и особенно «центростремительное ускорение», которые для учащихся весьма абстрактны. Не ограничиваясь формальным определением, полезно показать устройства с известными числами оборотов (лучше для начала с небольшими), например: электродвигатель, центробежную машину с червячной передачей (число оборотов которой определяется демонстрационным тахометром), электробытовые приборы, в первую очередь наиболее доступный из них — настольный вентилятор (число оборотов вентилятора берем из таблицы). После этого можно привести аналогичные данные о машинах и приборах, применяемых в технике (например, скорость вращения пропеллера самолета и вертолета); данные берутся из справочника [20; 21]. Для ребят интересно будет узнать, что винт вертолета

вращается сравнительно медленно: всего в три раза быстрее, чем диск электропроигрывателя при максимальной скорости. Электропроигрывателем, центробежной машиной и настольным вентилятором можно воспользоваться и для подсчета линейных скоростей и центростремительных ускорений конкретных точек. Например, при вращении диска со скоростью 33 об/мин центростремительное ускорение его наиболее удаленных точек составляет около 1 м/с², что может служить своеобразным эталоном этой величины. Точка лопасти настольного вентилятора, отстоящая от оси вращения на 10 см, движется со скоростью 12 м/с и с центростремительным ускорением 1440 м/с².

Полезно сравнить отличительные признаки ускорения в прямолинейном движении и центростремительного ускорения при равномерном движении тела по окружности (табл. 16.1).

Т а б л и ц а 16.1

Ускорение в равноускоренном движении	Ускорение при равномерном движении тела (точки) по окружности
<div>1. Вектор ускорения направлен по одной прямой с вектором скорости</div> <div>2. Ускорение не изменяется ни по модулю, ни по направлению</div> <div>3. Формула ускорения:</div> <div>$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t};$$a = \frac{v - v_0}{\Delta t}$</div> <div>4. Единица ускорения: м/с²</div>	<div>Вектор ускорения направлен под прямым углом к вектору линейной скорости</div> <div>Центростремительное ускорение не изменяется по модулю, но изменяется по направлению</div> <div>Формула центростремительного ускорения:</div> <div>$\vec{a}_{\text{цс}} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t};$$\vec{a}_{\text{цс}} = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$</div> <div>Единица центростремительного ускорения: м/с²</div>

Для закрепления материала следует решить задачи из упр. 15 учебника [4] и задачника [32, № 125—128].

4. Обобщающие уроки

Урок обобщающего повторения можно провести на тему «Кинематические величины и их взаимосвязь». Приведем примерное содержание такого урока. Повторив кратко определение понятий перемещения, пути, скорости, ускорения, обращают внимание учащихся на следующее. Все соотношения между величинами, которые рассматриваются в кинематике, являются простыми математическими следствиями определений скорости и ускорения:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}; \quad \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}.$$

Равномерное прямолинейное движение — это частный случай ускоренного движения при $|\vec{a}| = 0$, а прямолинейное движение — это частный случай криволинейного движения при $R = \infty$. Основная задача механики решается с помощью изученных понятий и величин для прямолинейного равномерного, равноускоренного движения и для равномерного движения по окружности.

В порядке обобщения знаний учащихся следует подчеркнуть на этом уроке относительность кинематических величин — перемещения и скорости. Их значения зависят от выбора системы отсчета, поэтому они относительные. В то же время такие величины, как длина отрезка, промежуток времени, ускорение, не зависят от того, покоится ли система отсчета или движется равномерно и прямолинейно. Наконец, в целях систематизации знаний на данном уроке целесообразно проанализировать классификацию видов механического движения. Обычно классификацию механических движений дают по траектории (прямолинейные и криволинейные) и по скорости (равномерные и неравномерные). Возможно также в основу классификации механических движений положить изменение перемещения. Полезно также применить сводную таблицу сравнения

Т а б л и ц а 16.2

Вид механического движения	Перемещение	Скорость	Ускорение	Координата
1. Равномерное прямолинейное движение	$\vec{s} = \vec{v}t; s = vt.$ Векторы \vec{s} и \vec{v} расположены по одной прямой	$\vec{v} = \text{const}$	$\vec{a} = 0$	$x = x_0 + v_0 t$
2. Равноускоренное прямолинейное движение	$\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2};$ $s = v_0 t + \frac{at^2}{2}$	$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t;$ $v = v_0 + at$	$\vec{a} = \text{const}$	$x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$
3. Равномерное движение точки по окружности	Вектор \vec{s} направлен под углом к вектору \vec{v}	Скорость изменяется только по направлению $ \vec{v} = \frac{2\pi R}{T}$	Ускорение изменяется по направлению $ \vec{a} = \frac{v^2}{R}$	
4. Криволинейное движение точки (общий случай)	Вектор \vec{s} направлен под углом к вектору \vec{v}	Скорость \vec{v} изменяется по модулю и направлению	Ускорение \vec{a} изменяется по модулю и направлению	$x = f(t);$ $y = f(t)$

Таблица 16.3

Сравнение графиков кинематических величин

График скорости	График ускорения	График координаты	График пути
Равномерное движение ($a=0$)			
Равноускоренное движение ($a > 0$)			
Равноускоренное движение ($a < 0$)			

На основании изменения физических характеристик провести кинематический анализ и указать признаки: а) прямолинейного равномерного движения; б) прямолинейного равноускоренного движения; в) равномерного движения по окружности; г) криволинейного движения.

I. Скорость	<ol style="list-style-type: none"> 1) Постоянна по абсолютному значению и направлению 2) За любые равные промежутки времени изменяется одинаково 3) Непрерывно изменяется по направлению и постоянна по модулю 4) Непрерывно изменяется по абсолютному значению и изменяется по направлению через равные промежутки времени 5) Непрерывно изменяется по модулю и направлению
II. Ускорение	<ol style="list-style-type: none"> 1) Равно нулю 2) Постоянно по модулю и направлению 3) Постоянно по модулю и переменнo по направлению 4) Непрерывно изменяется по модулю и изменяется по направлению через равные промежутки времени 5) Непрерывно изменяется по модулю и направлению
III. Направление перемещения	<ol style="list-style-type: none"> 1) Остается неизменным 2) Непрерывно изменяется 3) Изменяется через некоторые равные промежутки времени 4) Направление меняется, а модуль остается постоянным
IV. Направление перемещения и скорости	<ol style="list-style-type: none"> 1) Векторы скорости и перемещения параллельны 2) Направления скорости и перемещения совпадают 3) Вектор скорости направлен противоположно вектору перемещения 4) Вектор скорости составляет с вектором перемещения угол, не равный нулю или 180°
V. Направление скорости и ускорения	<ol style="list-style-type: none"> 1) Векторы скорости и ускорения совпадают по направлению или противоположны 2) Можно говорить только о направлении скорости 3) Векторы мгновенной скорости и ускорения составляют угол 90° 4) Векторы мгновенной скорости и ускорения образуют острый угол; тупой; угол в 90°

кинематических величин и формул (табл. 16.2) и таблицу сравнения графиков кинематических величин (табл. 16.3)¹. Для кинематического анализа физических величин и признаков механических движений полезны также программированные задания (табл. 16.4). По таблице 16.4 (которая должна быть размножена и вручена каждому ученику) может быть предложено несколько вариантов программированных заданий. Например, по заданию а учащиеся выбирают соответствующие ответы на вопросы, относящиеся только к прямолинейному равномерному движению. Ответы кратко записывают на листе бумаги (I — 1; II — 3; V — 2 и т. д.). Аналогично выполняется задание б по анализу характеристик и признаков прямолинейного равноускоренного движения и др. Оценку за выполненную работу сообщает учитель или выдает программирующее устройство. Полезно дать краткий анализ ошибок, допущенных учащимися.

Обобщающий урок может быть также проведен на тему «Решение основной задачи механики в кинематике».

ГЛАВА 17

ЗАДАЧИ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ РАЗДЕЛА «ДИНАМИКА» КУРСА ФИЗИКИ VIII КЛАССА

1. Задачи, содержание и структура раздела «Динамика»

Основная задача изучения раздела «Динамика» в курсе физики средней школы состоит в том, чтобы дать учащимся систему понятий динамики материальной точки; познакомить их с основными ее законами — законами Ньютона — и их наиболее важными применениями в современной практике — в технике, космонавтике; показать огромную мощь этих законов и вместе с тем их ограниченность движениями со скоростями, во много раз меньшими скорости распространения света.

Одной из важных задач изучения раздела является дальнейшее развитие представлений учащихся о движении материи, пространстве и времени.

Формирование понятий динамики («взаимодействие тел», «инерция», «масса», «инерциальные и неинерциальные системы отсчета», «сила», «импульс») составляет одну из центральных методических

¹ В приведенных в этой таблице графиках скорости и координаты равномерного движения тела учитывается тот факт, что направление оси координат совпадает с направлением вектора скорости. На рисунке, на котором приведен график координаты равноускоренного движения, представлен один из возможных случаев равноускоренного движения. График может быть сдвинут относительно начала координат и т. д.

задач курса физики VIII класса. Указанные понятия имеют важное значение не только в механике, но и в других разделах физики. Так, например, понятиями «масса» и «сила» приходится оперировать в процессе решения задач в электродинамике. Понятия «масса» и «импульс» играют важную роль в физике элементарных частиц. Усвоение указанных понятий имеет важное значение для формирования диалектико-материалистического мировоззрения (см. гл. 3). Правильное усвоение этих понятий и умение оперировать ими играет важную роль в политехнической подготовке учащихся, поскольку на практике, в технике часто приходится иметь дело с расчетом массы, силы, импульса, изучать взаимодействие системы тел. Все это требует от учителя глубокого понимания содержания понятий динамики в современной физике и тщательной разработки методики их формирования.

Структура раздела «Динамика». В соответствии с ныне действующей программой по физике и новым учебником физики для VIII класса [10] раздел включает следующие темы:

1. Законы движения Ньютона (11 ч).
2. Силы в природе (8 ч).
3. Применение законов движения Ньютона (18 ч).
4. Элементы статики (8 ч).
5. Импульс тела. Закон сохранения импульса (5 ч).

В отличие от ранее действовавшей программы, где изучению динамики предшествовало изучение статики, в современной программе статика рассматривается как частный случай динамики, когда равнодействующая всех сил, действующих на тело, равна нулю. Изучение раздела начинается с формирования основных понятий динамики (взаимодействие тел, инерциальные и неинерциальные системы отсчета, масса, сила). Формирование этих понятий и изучение первого, второго и третьего законов Ньютона составляют содержание темы «Законы динамики Ньютона». Затем изучаются основные виды сил, с которыми приходится иметь дело в механике (сила тяготения, сила трения и сила упругости), дается понятие об электромагнитной природе сил упругости, выясняется, от чего зависят эти силы. Все это составляет содержание второй темы — «Силы в природе». В ней же изучается закон всемирного тяготения. Изучение всех этих вопросов подготавливает учащихся к рассмотрению наиболее важных применений законов Ньютона в практике. Это составляет содержание темы «Применение законов движения Ньютона».

В процессе изучения этой темы учащиеся знакомятся с движением тел под действием постоянной силы, силы упругости, силы тяжести, получают понятие о невесомости и перегрузках. Здесь рассматривается движение искусственных спутников Земли и планет, дается расчет первой космической скорости.

Учащиеся учатся решать разнообразные задачи, требующие от них не только формального знания законов, но и умения применять их в разнообразных ситуациях как для прямолинейного, так и для

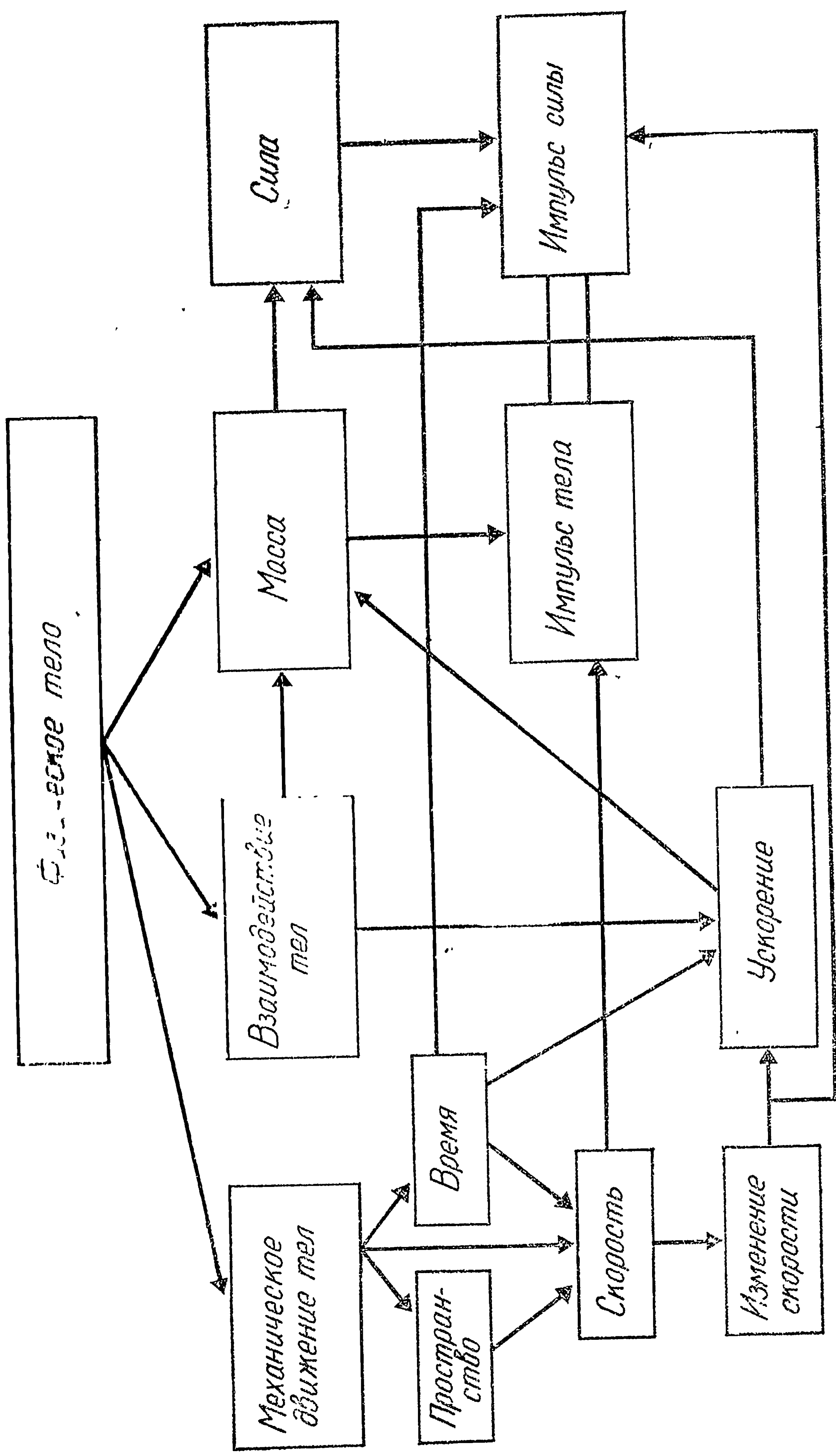


Рис. 17.1

криволинейного движения, знакомятся с общим подходом к решению задач по динамике.

Завершается изучение раздела темой «Импульс тела. Закон сохранения импульса», имеющей большое познавательное и политехническое значение. В ней на основе закона сохранения импульса и третьего закона Ньютона дается понятие о реактивном движении, раскрывается значение работ К. Э. Циолковского для космонавтики, показываются успехи Советского Союза в освоении космического пространства.

На рисунке 17.1 представлен граф, отражающий логико-генетическую связь понятий динамики с понятиями кинематики и систему понятий динамики. Схема отражает и последовательность формирования понятий во времени, в соответствии с ныне принятой структурой курса.

2. Содержание понятий «масса» и «сила» в современной физике, требования к их усвоению учащимися VIII класса

Содержание понятий «масса» и «сила», как и многих других понятий, с момента их возникновения в науке претерпело существенные изменения.

Понятие силы продолжительное время использовалось в науке для обозначения причин явлений, природа которых не была еще изучена. В «Физике» Аристотеля термин «сила» использовался для обозначения причины движения. Это понимание силы сохранялось до открытия Галилеем движения по инерции и открытия Ньютоном законов движения, получивших название законов динамики Ньютона. Ньютон показал, что сила является причиной изменения движения тел — изменения скорости движения.

Открытые Ньютоном законы динамики после публикации их в «Математических началах натуральной философии» нашли широкое применение в механике и космогонии. Следует иметь в виду, что термин «сила» используется в других разделах физики и других науках. Появились такие термины, как «сила тока», «оптическая сила линзы», «жизненная сила» и т. д., т. е. произошло неправомерное перенесение термина «сила» из области механики на другие области науки. Одним из первых обратил на это внимание Ф. Энгельс. В «Диалектике природы» он первым показал неправомерность использования термина «сила» в других областях науки. Обсуждение данного вопроса Энгельсом было тесно связано с обсуждением закона сохранения и превращения энергии, называвшегося до Энгельса законом сохранения силы. Энгельс четко разграничил понятия «сила» и «энергия», показав, что сила является количественной мерой взаимодействия тел, а энергия — общей мерой движения материи при всех его превращениях из одного вида в другой. Так Энгельсом была установлена

связь понятий «сила» и «взаимодействие тел», хотя еще ранее Ньютон отмечал связь сил с действием тел друг на друга и показал взаимный характер этого действия, что нашло отражение в формулировке третьего закона динамики Ньютона. Энгельс термин «взаимодействие» широко использовал для объяснения природы различных явлений.

В современной физике сила рассматривается как мера взаимодействия тел. Вместе с тем термин «сила» используется для обозначения действия на данное тело (частицу) со стороны других тел (или полей). Вместо того чтобы сказать: «На тело действует какое-то другое тело», говорят, что «на тело действует сила». А так как при действии (воздействии) на тело (частицу) других тел (полей) тело (частица) приобретает ускорение, силу рассматривают как «причину ускорения».

Современной физике известны четыре типа взаимодействий: *гравитационное, электромагнитное, сильное и слабое*. Все известные в настоящее время явления объясняются с помощью представления об указанных типах взаимодействий. С каждым типом взаимодействия связывают определенные виды сил. *Все силы, с которыми приходится иметь дело в механике, сводятся к гравитационному и электромагнитному взаимодействиям*. Силы трения, силы упругости, силы поверхностного натяжения имеют электромагнитную природу (обусловлены электромагнитным взаимодействием). Силы тяготения — это силы гравитационного происхождения. Гравитационное взаимодействие является универсальным: оно действует между всеми макротелами и элементарными частицами, подчиняясь закону всемирного тяготения, установленному Ньютоном:

$$\vec{F} = G \frac{m_1 m_2}{r^3} \vec{r}.$$

Электромагнитное взаимодействие осуществляется лишь между электрически заряженными телами или частицами. Примером сильного взаимодействия является взаимодействие между нуклонами атомного ядра. Ядерные силы — это «короткодействующие» силы. Их радиус действия не превышает 10^{-13} см. Пример слабого взаимодействия — взаимодействие с участием нейтрино. В настоящее время полагают, что это также универсальное взаимодействие. Следует заметить, что понятие силы как количественной меры взаимодействия ограничивается рамками механики.

Понятие массы как характеристики тел впервые в явном виде было введено в физике И. Ньютоном в связи с изучением законов движения. В «Математических началах натуральной философии» он выражает через массу тел силу всемирного тяготения и импульс силы. Ньютон определяет массу тела как количество материи, содержащейся в теле, пропорциональное его плотности и объему.

В дальнейшем понятием массы пользуется Л. Эйлер, впервые выразивший связь между силой, массой и ускорением тела в дифференциальной форме:

$$F = m \frac{d^2x}{dt^2}.$$

До XX в. понятие массы связывали с количеством вещества, содержащегося в теле. Это обусловлено было тем, что был известен один вид материи — вещество, понятие поля как одного из видов материи еще не сформировалось, шел сложный процесс его рождения через отвергнутые наукой понятия о флюидах, невесомых жидкостях и эфире. После того как в XX в. окончательно утвердилось понятие поля и было показано, что поле также обладает массой, содержание понятия «масса» было пересмотрено. Утвердилось понимание массы как меры инертных и гравитационных свойств тел, «меры инертности тел». Еще опытами Ньютона с точностью до 0,001 была доказана эквивалентность инертной и «тяжелой» масс. Позднее точность опытов была существенно повышена. Так, Этвеш (1899 г.) подтвердил равенство масс с точностью до 10^{-8} , Дикке с сотрудниками (1964 г.) — до $\sim 3 \cdot 10^{-11}$ и, наконец, Брагинский и Попов (1971 г.) — до $\sim 10^{-12}$.

Продолжительное время масса считалась неизменной величиной. А. Эйнштейн, разрабатывая теорию относительности, показал, что масса тела зависит от скорости его движения по закону:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где m_0 — масса покоящегося тела, v — скорость его относительного движения, c — скорость света.

Эйнштейном также установлена связь массы с энергией тела, нашедшая выражение в известном уравнении $E = mc^2$, получившем название уравнения взаимосвязи массы и энергии.

В связи с открытием явлений расщепления ядер атомов и взаимопревращаемости элементарных частиц, а также явления, получившего название «дефекта массы», физиками, стоящими на идеалистических позициях, исходя из уравнения

$$\Delta E = \Delta mc^2,$$

было высказано утверждение, что «масса превращается в энергию». А поскольку масса рассматривалась как количество вещества, содержащегося в теле, из уравнения делался вывод о превращении материи в движение (поскольку энергия связывается с движением). Так интерпретируется физиками-идеалистами и явление аннигиляции, заключающееся в превращении вещества электрона и позитрона в частицы поля — γ -фотоны:

$$e^+ + e^- = 2\gamma.$$

В. И. Ленин, раскрывая несостоятельность вывода об «исчезновении» материи, писал: «Материя исчезает» — это значит исчезает

тот предел, до которого мы знали материю до сих пор, наше знание идет глубже...»¹.

Физики, стоящие на позициях материалистической философии, уравнение $E = mc^2$ рассматривают как уравнение, определяющее количество полной энергии, которой обладает тело, имеющее массу m , а равенство $\Delta E = \Delta mc^2$ интерпретируют, как уравнение, показывающее, какую энергию несет электромагнитное поле, возникающее в результате превращения вещества массой Δm в электромагнитное поле.

Таким образом, в современной физике масса рассматривается как мера инертности тел (материальных объектов). Установлено, что массой обладают не только макротела и частицы вещества, но и физические поля. Каждый материальный объект, имеющий массу m , обладает энергией $E = mc^2$. Масса тела (частицы) зависит от скорости движения, возрастая с увеличением скорости. Эта связь выражается уравнением

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

Имются материальные объекты — γ -фотоны, масса покоя которых равна нулю. Они движутся со скоростью света.

Масса в международной системе измерения физических величин (СИ) рассматривается как основная физическая величина. Установлена единица измерения массы: килограмм (кг). Определен эталон единицы массы: за эталон массы принята масса цилиндра, изготовленного из сплава платины с иридием, хранящегося в Международном бюро мер и весов — в Севре, близ Парижа. Изготовлено 12 копий эталона, хранящихся в разных странах, в том числе в СССР. По копиям эталонов изготовлены рабочие копии, с которыми сверяются массы гирь, используемых для определения массы тел с помощью весов.

Существует два способа измерения массы: 1) по отношению модуля ускорения тела, масса которого известна, к модулю ускорения тела, масса которого измеряется, умноженному на массу тела-эталона:

$m = \frac{|\vec{a}_{\text{эт}}|}{|\vec{a}|} m_{\text{эт}}$; 2) с помощью рычажных весов. Этот способ

основан на зависимости силы тяжести от массы тел и свойстве аддитивности массы тел. Если тело, масса которого m_x определяется, будучи положенным на левую чашку равноплечих весов, уравновешивается гирями с общей массой $M = m_1 + m_2 + \dots + m_n$, значит, искомая масса $m_x = M$, что следует из равенства

$$m_x \vec{g} = M \vec{g},$$

¹ Ленин В. И. Материализм и эмпириокритицизм. — Полн. собр. соч., т. 18, с. 275.

где g — ускорение свободного падения в том месте, где производят взвешивание тела, т. е. измерение массы.

Исходя из содержания понятий «масса» и «сила» в современной физике и ныне действующей программы для средней школы, можно сформулировать следующие требования к усвоению этих понятий учащимися VIII класса.

Требования к усвоению понятия «масса». Учащиеся должны знать, что:

1) масса характеризует инертные свойства тел и является мерой инертности тел;

2) инертность тел проявляется в том, что для изменения скорости движения тела на заданную величину $\vec{v}_2 - \vec{v}_1$ необходимо действие на данное тело других тел в течение времени

$$t = \frac{v_2 - v_1}{a},$$

что следует из равенства $v_2 - v_1 = at$;

3) в международной системе единиц (СИ) масса — основная физическая величина;

4) в СИ масса измеряется в килограммах;

5) масса является скалярной величиной;

6) масса обладает свойством аддитивности;

7) существуют два способа для измерения массы (учащиеся должны понимать, какие связи массы с другими величинами положены в основу каждого способа измерения).

Требования к усвоению понятия «сила». Учащиеся должны знать, что:

1) сила является физической величиной, характеризующей взаимодействие тел. Она служит мерой взаимодействия;

2) термин «сила» в механике используется также для обозначения действия (влияния) на данное тело со стороны других тел;

3) сила — векторная величина, характеризующая степень и направление воздействия на данное тело со стороны других тел или полей;

4) сила является производной величиной и определяется на основе знания ее связей с другими величинами;

5) формула $\vec{F} = m\vec{a}$ указывает на связь силы с массой и ускорением (сила, действующая на тело, равна произведению массы этого тела на сообщаемое этой силой ускорение); учащиеся должны:

6) знать единицу измерения силы в СИ и понимать, как она определяется;

7) знать способы измерения силы; понимать, что положено в основу каждого из них (какие связи с другими величинами);

8) уметь практически измерять силу прямыми и косвенными методами (динамометром и с помощью формул, выражающих связь силы с другими величинами);

9) знать основные виды сил, с которыми приходится иметь дело.

в механике (сила тяготения, сила трения, сила упругости, сила сопротивления движению тел в среде); знать способы их измерения и уметь определять их величину;

10) уметь находить равнодействующую нескольких сил.

ГЛАВА 18

ЗАКОНЫ ДВИЖЕНИЯ НЬЮТОНА

Решение основной задачи механики — определение положения тел в любой момент времени — требует знания их начальных координат, скорости и ускорения, которые возникают при взаимодействии тел. Последнее является предметом изучения динамики.

Динамика составляет важнейшую часть классической механики. Ее главная задача — изучение взаимодействий тел, которыми объясняются прежде всего различные изменения их движений. В основе динамики лежат три закона. Впервые их в общем виде сформулировал гениальный английский физик И с а а к Н ь ю т о н (1643—1727). Теперь эти законы называются его именем. Открытие законов движения Ньютона было подготовлено многовековой человеческой практикой, трудами многих поколений ученых (см. § 1, 9 этой главы).

Законы механического движения с их многочисленными и важными следствиями имеют огромное научное и мировоззренческое значение. Они позволяют понять и объяснить многие явления и в космосе, и в микромире. Классической механикой введены в науку важнейшие физические понятия: «масса», «сила», «импульс» (количество движения), «энергия» и др. Особо отметим, что законы сохранения энергии и импульса не знают исключения в любых явлениях макро- и микромира. Законы классической механики составляют научную основу техники многих отраслей народного хозяйства: строительства, машиностроения, транспорта и др. Поэтому изучение динамики следует в полной мере использовать в целях политехнического обучения учащихся (гл. 5). Показывая научную и практическую значимость законов механики, нужно вместе с тем в доступной форме дать учащимся VIII класса первоначальные понятия и о границах ее применения. Учителю следует помнить, что было время, когда законы классической механики казались всеобъемлющими и способными объяснить и описать все явления природы. Наглядные образы, представления и понятия, почерпнутые учащимися в окружающей жизни, и теперь наталкивают их на «механическую» трактовку и «механические» образы при изучении вопросов физики, где они неприменимы. Многие явления природы не могут быть сведены только к механическому взаимодействию тел уже потому, что материя в природе существует не только в виде вещества, но и в виде поля. Явления, например, в электромагнитном поле подчиняются законам Максвелла, а не законам Ньютона. Но и движения, с которыми мы связываем определенные физические тела, не всегда мо-

гут быть объяснены законами Ньютона. Классическая механика не может удовлетворительно описать движения множества частиц—молекул, объяснить законы, которым подчиняются элементарные частицы, движение тел со скоростями, близкими к скорости света. Соответствующие законы устанавливаются статистической механикой, квантовой механикой и теорией относительности. Определенные сведения о данных разделах современной физики учащиеся получают в IX и X классах. Однако некоторые первоначальные представления о границах применимости законов классической механики ученики должны получить уже в VIII классе.

При этом учащиеся должны осознать, что успехи современной науки вовсе не отрицают и не зачеркивают механику Ньютона. Более того (согласно принципу соответствия), они утверждают незыблемость ее законов для определенных предельных условий: классическая механика — это механика макротел, движущихся со скоростями, далекими от скорости света. Данные условия выполняются в огромной сфере практической и научной деятельности человека на Земле и в космосе. В этом и заключается непреходящее значение механики Ньютона.

При изучении динамики в VIII классе следует принять во внимание знания учащихся по механике, полученные в VI классе, а также их жизненный опыт и представления.

Основное содержание учебного материала видно из следующего возможного варианта примерного поурочного планирования темы:

- 1-й у р о к. Понятие о динамике. Закон инерции. Краткие сведения о жизни и научном подвиге Галилео Галилея.
- 2-й у р о к. Взаимодействие тел. Ускорение тел при взаимодействии.
- 3-й у р о к. Масса тел как мера их инерциальных свойств.
- 4-й у р о к. Масса тел как мера их гравитационных свойств.
- 5-й у р о к. Определение массы тел взвешиванием. Сила.
- 6-й у р о к. Второй закон Ньютона. Единица силы в СИ.
- 7-й у р о к. Измерение сил. Динамометр. Сложение сил.
- 8-й и 9-й у р о к и. Углубление и закрепление материала на второй закон Ньютона. Решение задач.
- 10-й у р о к. Третий закон Ньютона. Решение задач.
- 11-й у р о к. Повторение и обобщение пройденного (краткие сведения о жизни и научной деятельности И. Ньютона).

1. Первый закон Ньютона

Из истории открытия закона инерции. При изучении данного материала несомненную пользу принесут сведения из истории открытия закона инерции. В учебнике они приведены в конце параграфа о первом законе Ньютона [4, § 22]. Для учителя более полно эти сведения приводим как введение в тему. В адаптированном виде они могут быть использованы и на первом, и на последующих уроках, а также на внеклассных занятиях.

Повседневные наблюдения и практический опыт приводили человека к мысли о том, что тела не приходят в движение сами собой. Для перемещения тел их надо тянуть, толкать, словом прилагать к ним некоторую «силу». Аристотель (384—322) называл такие движения насильственными и считал, что они прекращаются по прекращению действия силы. Отсюда следовал вывод: движение тел обусловлено действием на них сил. Ошибка таких рассуждений, как известно, заключается в том, что в них не принимаются во внимание силы, препятствующие движению.

Наряду с указанными взглядами постепенно возникла мысль о том, что существует и некая «внутренняя» сила, ответственная за движение тел. «Всякое движение,— писал Леонардо да Винчи (1452—1519),— стремится к своему сохранению, или каждое тело движется постоянно, пока в нем сохраняется действие его двигателя»¹. Другой итальянский ученый Джованни Батиста Бенедетти (1530—1590) ввел «представление об «импето» («впечатление»), сохраняющемся в теле, которому сообщается скорость [42, с. 44]. Следующий шаг делает Галилео Галилей (1564—1642). Он детально изучил движение тел по наклонной плоскости. Галилей экспериментально доказал, что шар скатывается по наклонной плоскости ускоренно, а поднимается замедленно. На этом основании он сделал вывод: «Когда тело движется по горизонтальной плоскости, не встречая никакого сопротивления движению, то ... движение его является равномерным и продолжалось бы бесконечно, если бы плоскость простиралась в пространстве без конца»². Галилей еще не дает общей формулировки принципа инерции. Он связывает открытое им свойство тел только с их движением в горизонтальном направлении (и ошибочно с движением по идеально гладкой поверхности земного шара). Но он первый понимает явление инерции столь глубоко и правильно применяет его. В его формулировке впервые производится абстрагирование от сопротивления движению тел. Однако Галилей еще не располагает обобщенным понятием силы и не принимает в явном виде во внимание силы реакции опоры и силу тяжести.

Впервые от действия тяготения абстрагируется Рене Декарт (1596—1650). «Полагаю,— писал он,— что природа движения такова, что, если тело пришло в движение, уже этого достаточно, чтобы оно его продолжало с той же скоростью и в направлении той же прямой линии, пока оно не будет остановлено или отклонено какой-либо другой причиной»³.

На новую ступень обобщения, опираясь на труды своих предшественников, и прежде всего Галилея, закон инерции поднял И. Ньютон, который включил его в число важнейших трех аксиом

¹ Цитируется по кн.: Льюис М. История физики. М., 1970, с. 50.

² Цитируется по кн.: Спасский Б. И. История физики. М., 1963, ч. 1, с. 100.

³ Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974, с. 51.

или законов движения в следующем виде: всякое тело продолжает удерживаться в своем состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения, пока и поскольку оно не понуждается приложенными силами изменить это состояние.

Поскольку всякое движение относительно, возникает вопрос: что принять за систему отсчета? Движение одного и того же тела в одной системе отсчета может быть равномерным и прямолинейным, а в другой в то же самое время — переменным и криволинейным.

Галилей считал закон инерции справедливым в системе отсчета, связанной с Землей, а Ньютон ввел понятие абсолютного пространства, которое «по самой своей сущности и безотносительно к чему бы то ни было внешнему, остается всегда одинаковым и неподвижным»¹.

Определение Ньютона лишено физического смысла, поскольку нельзя построить систему отсчета, не связав ее с конкретными телами. В системе же отсчета, связанной с Землей, закон инерции, строго говоря, не выполняется, как во всякой вращающейся системе (этот факт, как уже указывалось, привел Галилея к ошибочному утверждению о справедливости закона инерции для равномерного движения тел по окружности). Тем не менее фундаментальный закон механики — закон инерции был открыт. Объясняется это тем, что для системы «Земля», в которой практически и велись все многовековые наблюдения, отступления от закона инерции относительно невелики. Эта система с достаточной для практических целей точностью может быть принята за инерциальную. Практически точно закон инерции выполняется в системе отсчета, связанной с «неподвижными» звездами.

Формирование понятия об инерции. Различные методические подходы к изучению закона инерции отличаются в основном тем, к какой конечной формулировке — классической ньютоновской или же к формулировке, принимающей во внимание уравновешенные силы, — подводят учащихся.

Рассмотрим каждый из этих основных подходов и некоторые их модификации подробнее. При этом будем иметь в виду, что все законы движения Ньютона относятся, строго говоря, к материальным точкам и к телам, совершающим поступательное движение.

Согласно первому, наиболее распространенному подходу [см.: 8; 9; 16; 17] выясняется вопрос, почему останавливаются движущиеся тела и что нужно сделать для того, чтобы их движение продолжалось как можно дольше.

С помощью мысленных или реально поставленных на демонстрационном столе экспериментов устанавливают, что движение тел, например шара по горизонтальной поверхности стола, будет изменяться тем меньше, чем меньше сопротивление его движению, в данном случае сила трения.

Отсюда для предельного случая, когда силами трения можно

¹ Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974, с. 73.

пренебречь, делается вывод, что *если на тело не действуют другие тела, то тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения относительно Земли* [16, с. 85]. Далее в некоторых пособиях уточняется, что закон инерции выполняется практически точно в гелиоцентрической системе. Таким образом, закон инерции по существу формулируется так же, как и у Ньютона для предельного случая, когда тела достаточно удалены от всех других тел [9, с. 76].

Второй подход в наиболее законченной и последовательной форме осуществлен в стабильном учебнике по физике для VIII класса [4, § 22]. Вначале на конкретных примерах вводится понятие о «компенсации действия тел» и применительно к некоторым конкретным системам отсчета, прежде всего к Земле, показывается справедливость закона инерции.

На основе конкретных примеров первый закон Ньютона формулируется в следующем виде: *существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущиеся тела сохраняют свою скорость постоянной; если на них не действуют другие тела или действие других тел компенсируется* [4, с. 73]. Такие системы отсчета называются **и н е р ц и а л ь н ы м и**.

Данная формулировка закона инерции по сравнению с приведенными выше является наиболее полной. Она охватывает и предельные, и реально имеющие место в окружающей жизни случаи. Кроме того, в ней указывается на справедливость закона только в определенных, инерциальных системах отсчета.

Однако данный методический подход также не лишен недостатков и трудностей:

1) вводится дополнительное, притом недостаточно с физической точки зрения определенное понятие о «компенсации действия тел»;

2) в данной формулировке на первом плане оказывается мысль о существовании инерциальных систем, а не о явлении инерции;

3) не говорится в явном виде о прямолинейности движения тел по инерции;

4) данная формулировка из-за того, что несет большую информацию, сложнее предыдущей. Для устранения указанных выше трудностей необходимо максимально использовать знания учащихся из курса физики VI класса и формировать весь комплекс понятий о законе инерции по частям.

Крайне желательно, чтобы учащиеся предварительно самостоятельно повторили соответствующий материал по учебнику VI класса и восстановили в своей памяти определение: *явление сохранения скорости тела при отсутствии действия на него других тел называют инерцией* [10, с. 32]. Соответствующие примеры всегда приведут сами учащиеся. Здесь уместно также рассказать об опытах Галилея с наклонной плоскостью, интересных не только своими выводами, но и примером сочетания логического абстрактного мышления с реальным физическим экспериментом. Затем можно также сказать о взгляде древних и неправильном бытовом представлении

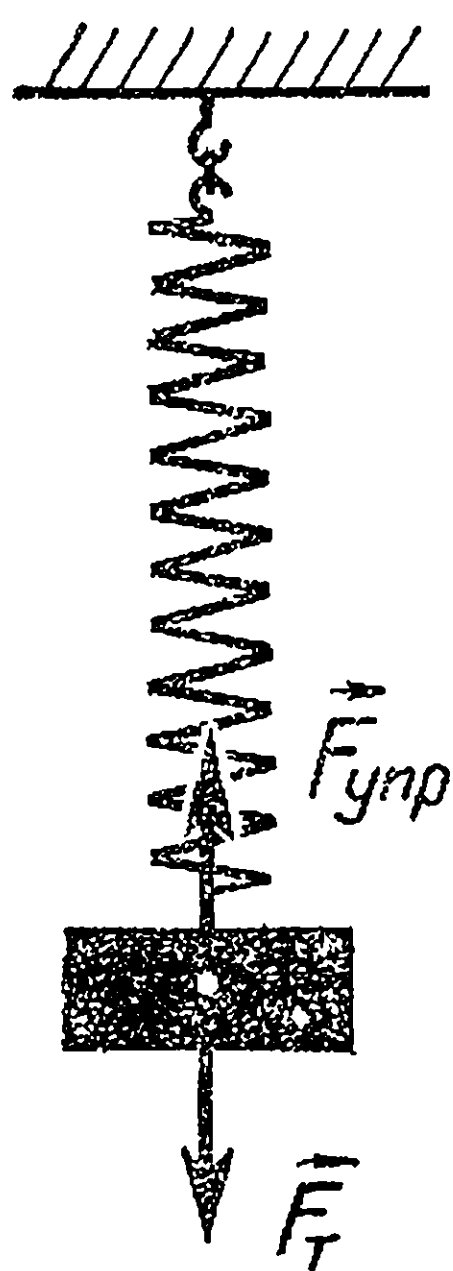


Рис. 18.1

людей, незнакомых с физикой, о том, что движение есть результат взаимодействия тел.

После этого повторения и исторического введения можно перейти к более детальному и обстоятельному рассмотрению инерции с учетом реально существующих взаимодействий тел.

Вначале следует рассмотреть приведенный в учебнике пример с находящимся в состоянии покоя шаром, подвешенным на пружине или резиновом шнуре. При этом, как показывает опыт преподавания, можно не только говорить в общих выражениях о том, что «действия на шар двух тел — шнура и Земли компенсируют (иногда говорят уравнивают) друг друга» [4, с. 72], но и указать на чертеже в явном виде действующие на тело силы: силу тяжести \vec{F}_T и силу

упругости $\vec{F}_{упр}$ (рис. 18.1). Аналогичные графические изображения сил, действующих на тела, учащимся

хорошо известны по курсу физики VI класса [10, с. 47].

Понятие «сила» в данном случае не расширяется и не углубляется. Оно используется как синоним выражения «действие одного тела на другое», которое, как известно из курса физики VI класса, может быть измерено динамометром и выражено в ньютонах.

В качестве упражнения и закрепления полученных понятий можно дать учащимся задание самостоятельно указать и изобразить графически силы, действующие на гирию, помещенную на пружину (рис. 18.2, а) и на шайбу, которая лежит на льду (рис. 18.2, б). На основе данных и аналогичных примеров делают вывод, что *если на тело действуют равные по модулю, но противоположно направленные силы, то тело может находиться в состоянии покоя*. Иначе можно сказать, что действие тел в этом случае компенсируется.

Затем переходят к рассмотрению наиболее важного и сложного случая — движения тела по инерции, используя описанный в учебнике пример с шайбой. Полезно еще раз изобразить шайбу и действующие на нее силы, включая небольшую силу трения $\vec{F}_{тр}$ (рис. 18.3, а), а также вектор скорости \vec{v} . Как опытный факт констатируем, что после удара шайба движется прямолинейно и ее скорость изменяется незначительно. Естественно предположить, как

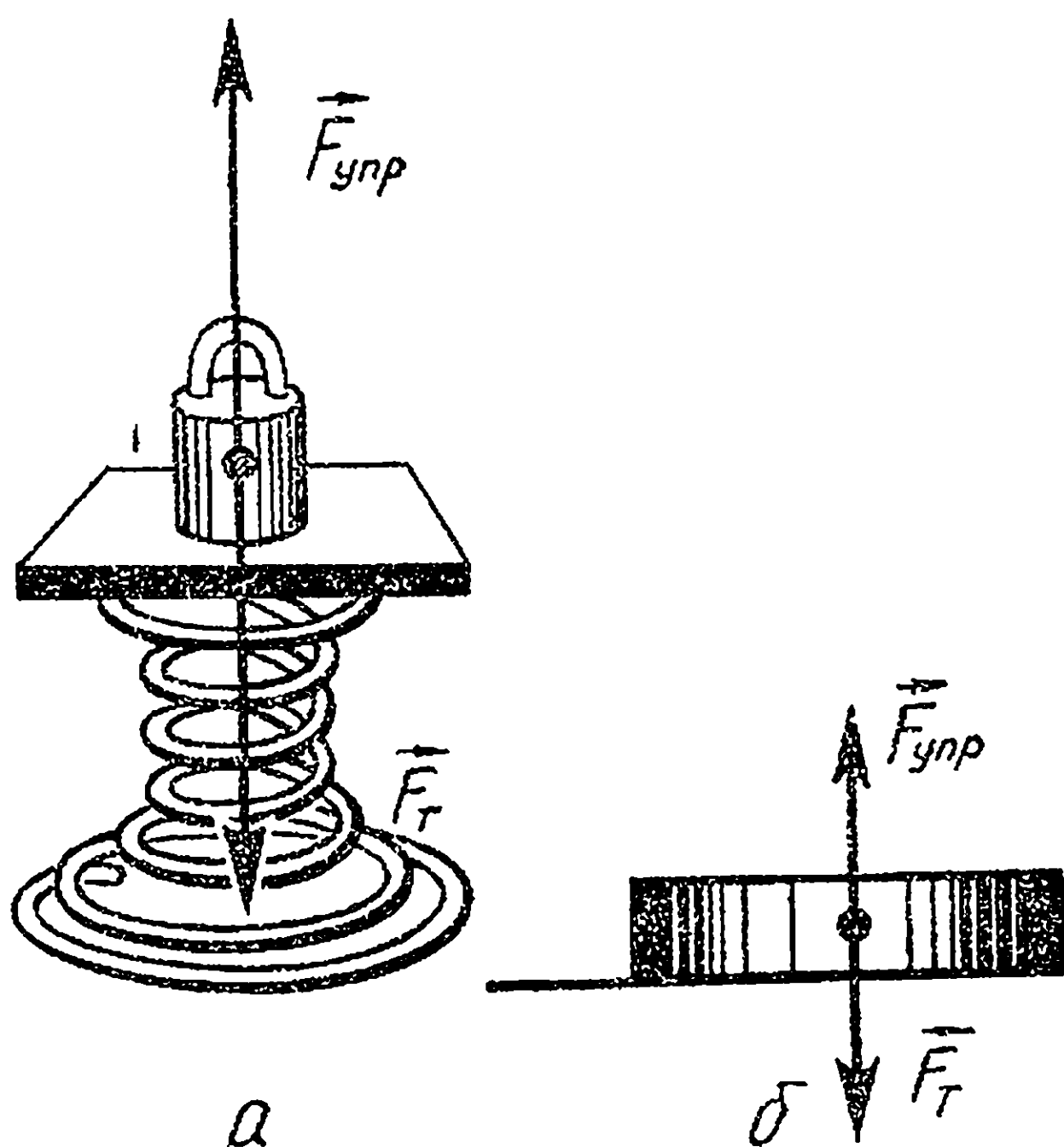


Рис. 18.2

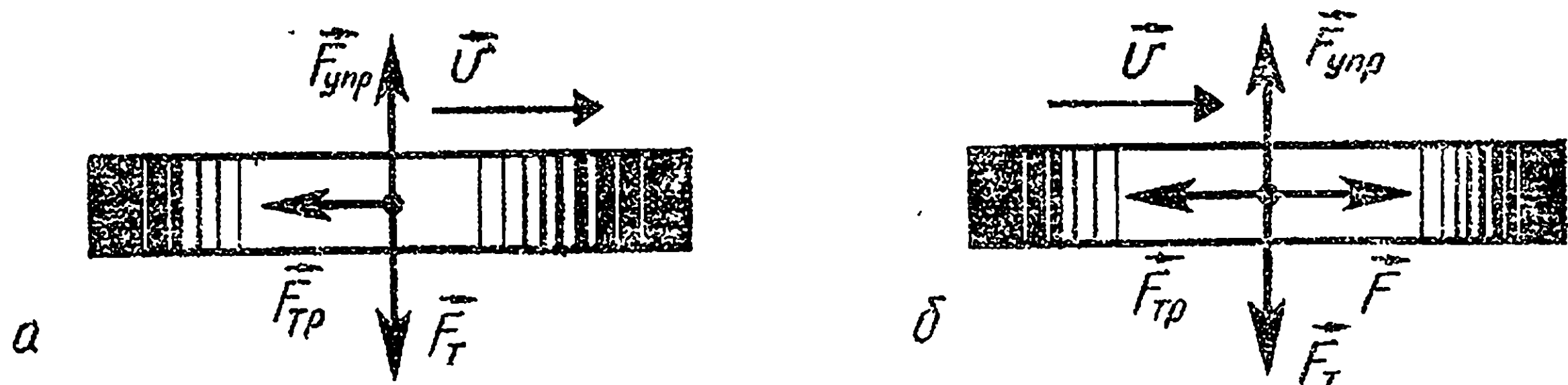


Рис. 18.3

это делалось уже раньше при рассмотрении опыта Галилея, что скорость тела не изменилась бы совсем, если бы сил трения не было вовсе.

Этот вывод желательно подкрепить выразительными опытами с движением по инерции с крайне малым трением дисков из сухого льда или же тел на воздушной подушке [14, рис. 19.5; 57, рис. 38, 69].

Далее высказывается мысль, что силу трения можно компенсировать. Последнее легко осуществить, равномерно перемещая шайбу, например, с помощью клюшки, непрерывно подталкивающей ее с силой \vec{F} , равной и противоположно направленной силе трения (рис. 18.3, б).

Простейшим наглядным примером равномерного движения, легко осуществимого на опыте, является движение шарика или бруска по наклонной плоскости, которой придан такой уклон, чтобы сила трения компенсировалась равнодействующей силы реакции желоба и силы тяжести.

Обобщая пройденное, делают вывод, с которым учащиеся уже знакомы, но в ином плане при изучении в VI классе материала о сложении сил, направленных по одной прямой: «Тело под действием двух равных и противоположно направленных сил будет находиться в покое или двигаться равномерно и прямолинейно» [10, с. 56].

Наконец, должно быть сформировано первоначальное понятие об инерциальных системах отсчета. До сих пор во всех опытах и примерах за систему отсчета, в которой оказывался справедливым закон инерции, принималась Земля. На конкретных примерах следует показать, что закон инерции выполняется также в системах отсчета, движущихся равномерно и прямолинейно относительно Земли.

Все опыты по инерции, рассмотренные выше, с равным успехом и теми же результатами можно провести, например, в равномерно движущихся поезде, теплоходе или самолете. Для пояснения этой мысли нужно показать кинофильм «Законы Ньютона» (I часть).

В результате проделанной работы учащиеся должны усвоить, что тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного поступательного движения в инерциальных системах отсчета, если на него не действуют другие тела или если силы, с которыми они действуют, уравновешиваются.

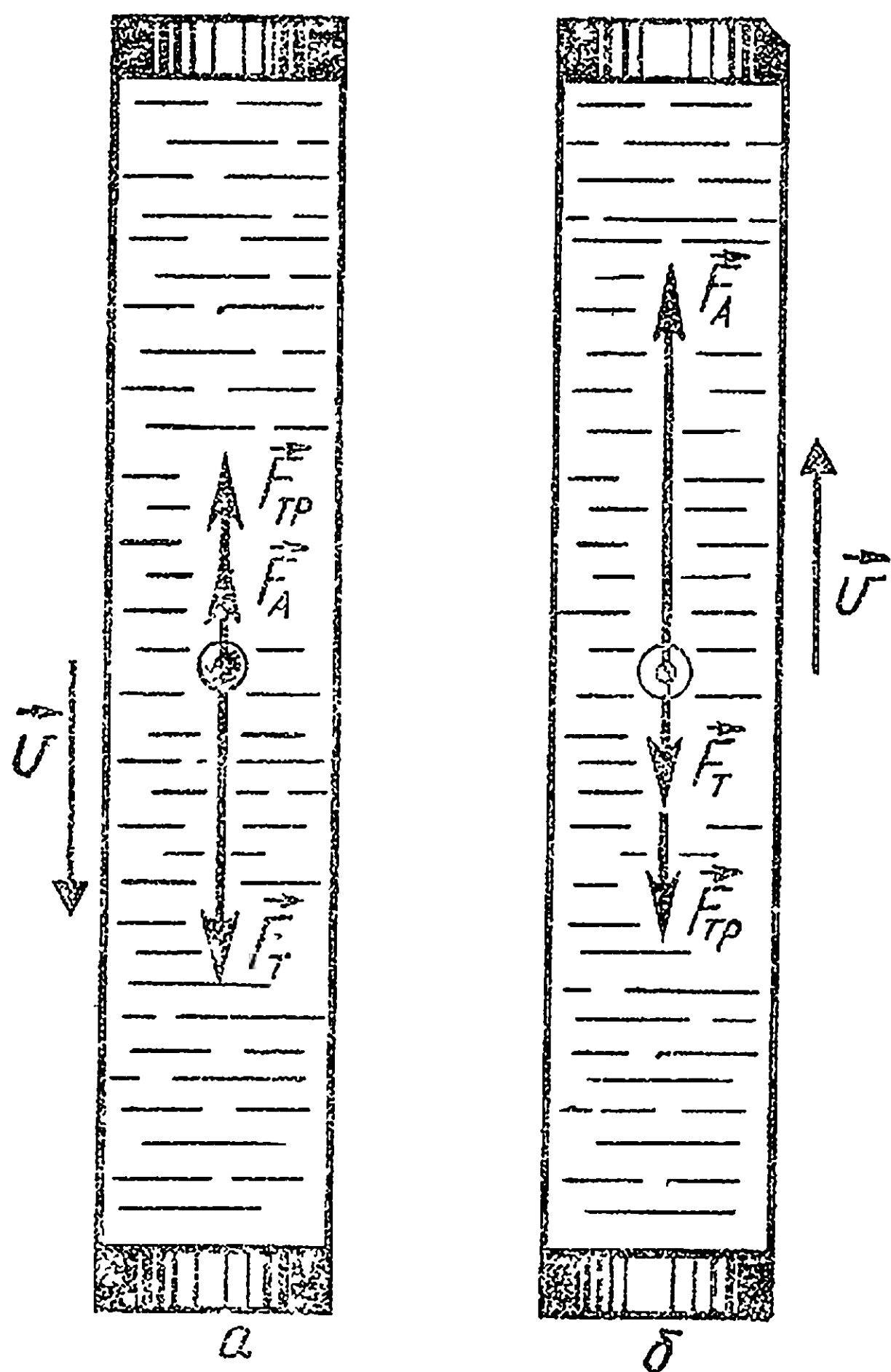


Рис. 18.4

Для закрепления и углубления полученных понятий в классе и дома учащиеся решают в основном качественные задачи-вопросы [4, упр. 16; 19, № 162—167; № 169—172]. Желательно, однако, и решение несложных экспериментальных задач, например, такой:

Объяснить, какие уравновешенные силы действуют на движущийся равномерно вниз шарик в стеклянной трубке с водой (рис. 18.4, а); на поднимающийся равномерно вверх пузырек воздуха (рис. 18.4, б).

Необходимо также решение задач политехнического содержания:

Плуг равномерно движется по борозде. Можно ли сказать, что он движется по инерции?

Объяснить принцип действия зернопульта для очистки зерна [1, 33].

Интересна задача «Самый легкий способ путешествовать», составленная по материалам «Занимательной физики» Я. И. Перельмана [51, № 341].

Полезно также решить задачу, показывающую несостоятельность попытки примирения церковниками идей Галилея и Птолемея [51, № 294].

Галилео Галилей. Кратко на уроках и более обстоятельно на внеклассных занятиях по физике следует познакомить восьмиклассников с жизнью и научным подвигом Г. Галилея. Галилей должен предстать перед учащимися как один из основателей экспериментальной и математической физики, непримиримый борец за утверждение научного мировоззрения. Соответствующий биографический материал можно найти в книге Ф. Д. Бублейникова [37] и в другой литературе по истории физики [41; 42; 44]. Вначале нужно кратко рассказать учащимся об эпохе, в которую жил Галилей, и официальной науке того времени, основой которой служили натурфилософия Аристотеля, строение мира по Птолемею и библия. Ответ на любой вопрос искался не в самой природе, а в текстах указанных источников.

Состояние научных знаний того времени о природе характеризуют, например, такие факты. Принималось на веру аристотелевское утверждение о невесомости воздуха и пропорциональности скорости падения тел их весу. По существу был предан забвению закон Архимеда. Еще не было открыто атмосферное давление. Не были изобретены маятниковые часы и термометр. Официально признавалась только геоцентрическая система мира Птолемея, согласно которой в центре Вселенной находится Земля, окруженная движущимися вокруг нее на хрустальных сферах светилами,

В порядке обобщения и повторения пройденного материала следует прежде всего сказать об открытиях Галилея, уже известных учащимся: закон движения тел по наклонной плоскости, закон свободного падения тел, движение брошенных тел по параболе, закон инерции, принцип относительности. Эти физические открытия, а также методы научного исследования, применявшиеся Галилеем, важные сами по себе, имели большое методологическое значение, поскольку подрывали слепую веру в непогрешимость официальной натурфилософии Аристотеля. Галилей отстаивал независимость естествознания от религиозных догм. Кроме того, открытые им законы механики Галилей использовал для доказательства гелиоцентрической системы мира Коперника. Это приводило к неизбежному конфликту с церковью. Для того чтобы подчеркнуть то внимание, которое Галилей уделял физическому эксперименту и изготовлению приборов, можно привести следующие факты. Галилей изобрел, сконструировал и изготовил с помощью своих помощников: точные гидростатические весы для проверки закона Архимеда, водоподъемник и гидравлический пресс, установку для экспериментального доказательства всесопротивления воздуха, первый термометр-термоскоп, телескоп и микроскоп; составил первый проект маятниковых часов, которые были изготовлены уже после его смерти.

Галилей предсказал существование невесомости тел при их свободном падении; исследовал равновесие механизмов; открыл закон изохронности колебания маятника и нашел зависимость для периода его колебания в виде $T \sim \sqrt{l}$; установил, что причиной звука являются колебания, а высота звука зависит от частоты этих колебаний; указал на причину возникновения резонанса; предложил первую схему опыта для определения скорости света.

Особое место в работах Галилея и его судьбе имели астрономические открытия, которые подтверждали не только учение Н. Коперника, запрещенное церковью в 1616 г., но и взгляды Д. Бруно, сожженного в 1600 г. на костре инквизиции.

С помощью изготовленного им телескопа Галилей открыл горы на Луне и определил по тени их высоту; открыл либрацию Луны; объяснил ее «пеленный свет»; открыл четыре спутника Юпитера; «придатки» (кольца) Сатурна, фазы Венеры, пятна на Солнце и его вращение с периодом около месяца.

2. Анализ изложения второго закона Ньютона в учебной литературе

Опыт и логика подсказывают, что если действующие на тело силы не уравновешиваются, то его движение должно изменяться. Существующую при этом количественную закономерность удалось впервые сформулировать в своих «Началах» И. Ньютону в виде следующей аксиомы или закона движения: *Изменение количества движения пропорционально приложенной движущей силе и происходит по направлению той прямой, по которой эта сила действует.*

Математически закон выражается формулой $\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$. Все величины, входящие в эту формулу: сила \vec{F} , масса m , количество движения $m\vec{v}$ и время t , у Ньютона независимые [41; 44].

В настоящее время в учебниках физики второй закон Ньютона чаще всего записывается в виде $\vec{F} = m\vec{a}$. (Впервые выражение силы, как величины, равной массе, умноженной на ускорение, дается в «Механике» Эйлера; 1736 г.) Следует, однако, иметь в виду, что

зависимость $\vec{F} = m\vec{a}$ не эквивалентна полностью формуле $\vec{F} = \frac{d(m\vec{v})}{dt}$.

Она верна только при условии $m = \text{const}$, что практически имеет место при скоростях, далеких от скорости света, когда зависимостью массы от скорости можно пренебречь.

Из сказанного выше следует, что для изучения второго закона Ньютона в форме $\vec{F} = m\vec{a}$ предварительно требуется ввести понятия массы, силы и ускорения. Научное содержание этих понятий было выяснено в главе 17. Различные методические системы изучения второго закона Ньютона отличаются в основном тем, как вводятся данные фундаментальные физические понятия.

Наиболее распространенной системой является такое построение учебного материала, когда массу и силу стараются определить независимо друг от друга и от второго закона Ньютона: массу путем взвешивания на весах, а силу — статическим методом — с помощью пружинных динамометров, которые градуируют весом гирь [12]. При этом масса иногда трактуется как мера количества вещества в теле [12, с. 35]. Такой упрощенный, устаревший подход к формированию важнейших понятий динамики для советской школы неприемлем.

В настоящее время многие методисты считают предпочтительной такую систему, при которой сначала вводится понятие силы. При этом сила трактуется как «мера действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорения» [9, с. 77]. После этого изучаются способы измерения сил с помощью эталонных пружин или динамометров и устанавливается зависимость ускорения тел от сил:

$\vec{a} \sim \vec{F}$. «Величину $\frac{|\vec{F}|}{|\vec{a}|}$, равную отношению модуля силы к модулю

ускорения, называют массой (точнее, инертной массой)» [9, с. 82]. Аналогичный подход осуществляется в учебниках Ландсберга [16], Хайкина [15] и др.

Масса тела выступает как коэффициент пропорциональности между силой и ускорением ($\vec{F} = k\vec{a}$), а соотношение $\frac{|\vec{F}|}{|\vec{a}|} = m$ выступает как определение массы и второй закон Ньютона. При данном методическом подходе в качестве основной единицы выступает единица силы, что противоречит системе СИ.

Наиболее строгой в научном отношении и соответствующей системе единиц СИ является методическая система, принятая в стабильном учебнике физики для VIII класса [4]. В ее основу положен опытный факт постоянства отношения модулей ускорений двух

взаимодействующих тел: $\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \text{const}$, что позволяет ввести по-

нятие о массе данных тел m_1 и m_2 , как величинах, характеризующих их инерциальные свойства.

Понятие о силе вводится на основе уравнения $\vec{F} = m\vec{a}$, которое одновременно является и определением силы и вторым законом Ньютона. По мнению многих методистов в этом заключается главная трудность этого подхода. Выход из данного положения находится за счет использования других физических законов, определяющих зависимость силы от других величин, например, от координат.

3. Методика формирования понятия «масса тела»

Первоначальное понятие о массе тел учащиеся получают в VI классе на основе опытов, в которых используются упругие шары [53, рис. 17.7], а также шары или тележки, соединенные пружинами [10, рис. 41—44]. Здесь же вводится понятие об единице массы — килограмме как массе платино-иридиевого эталона. Учащиеся знакомятся также с измерением массы на рычажных весах.

Данные сведения следует восстановить в памяти учащихся. Как показывает опыт, демонстрации упругого взаимодействия тел желательно в VIII классе дополнить демонстрациями взаимодействия наэлектризованных тел и взаимодействия тел посредством магнитного поля (рис. 18.5, а, б). При постановке опытов следует проанализировать, с какими телами взаимодействуют рассматриваемые тела, в каких случаях действие других тел взаимно компенсируется и в каких не компенсируется и как при этом изменяется движение тел, их скорость. Таким образом, учащиеся подготавливаются к обобщению понятия «взаимодействие тел», получают первое представление «о типах взаимодействий».

Наглядно показывают взаимный характер действия тел друг на друга также следующие опыты:

1. Опыт с истечением воды из трубки, согнутой под прямым углом (рис. 18.6, а). При истечении струи воды трубка отклоняется в противоположную сторону.

2. Опыт по взаимодействию тележек с магнитами (рис. 18.6, б). Если расположить на платформе магниты так, как показано на рисунке, тележки будут взаимно притягиваться друг к другу, приобретая ускорения, направленные в противоположные стороны. Если магниты расположить друг к другу одноименными полюсами, тележки будут отталкиваться.

На основе опытов устанавливают, что:

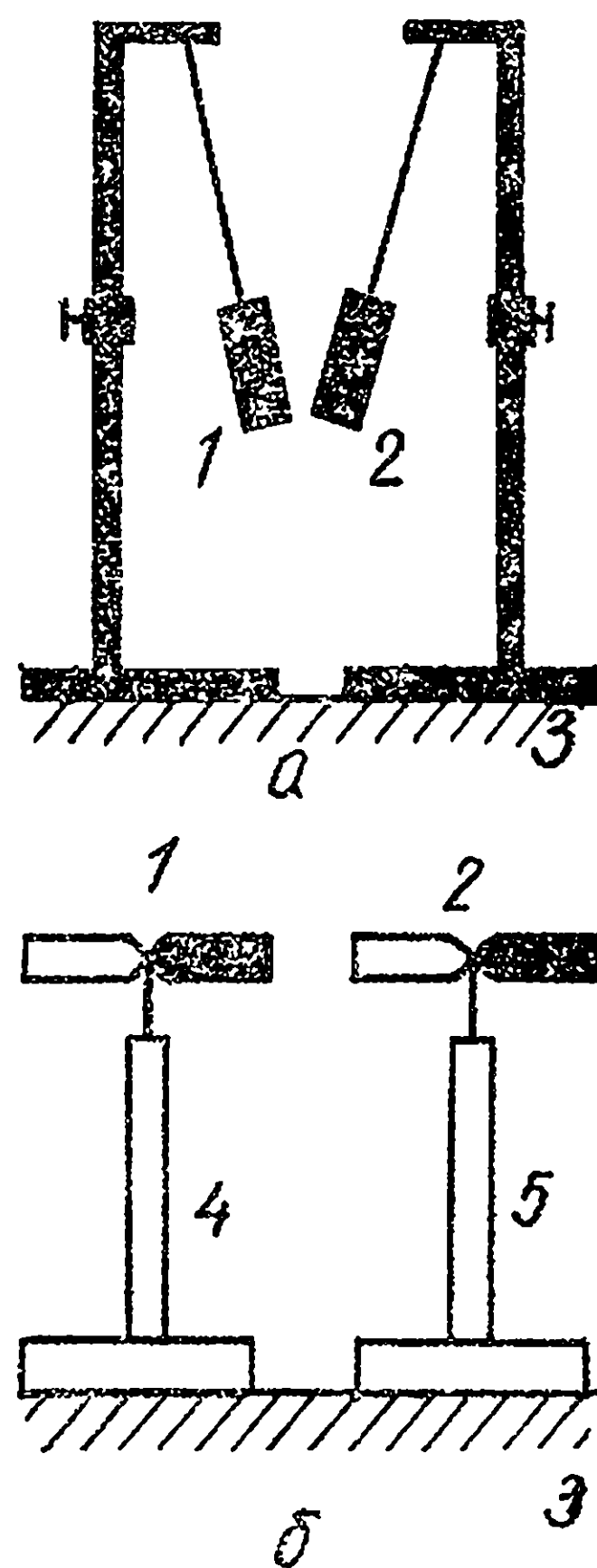


Рис. 18.5

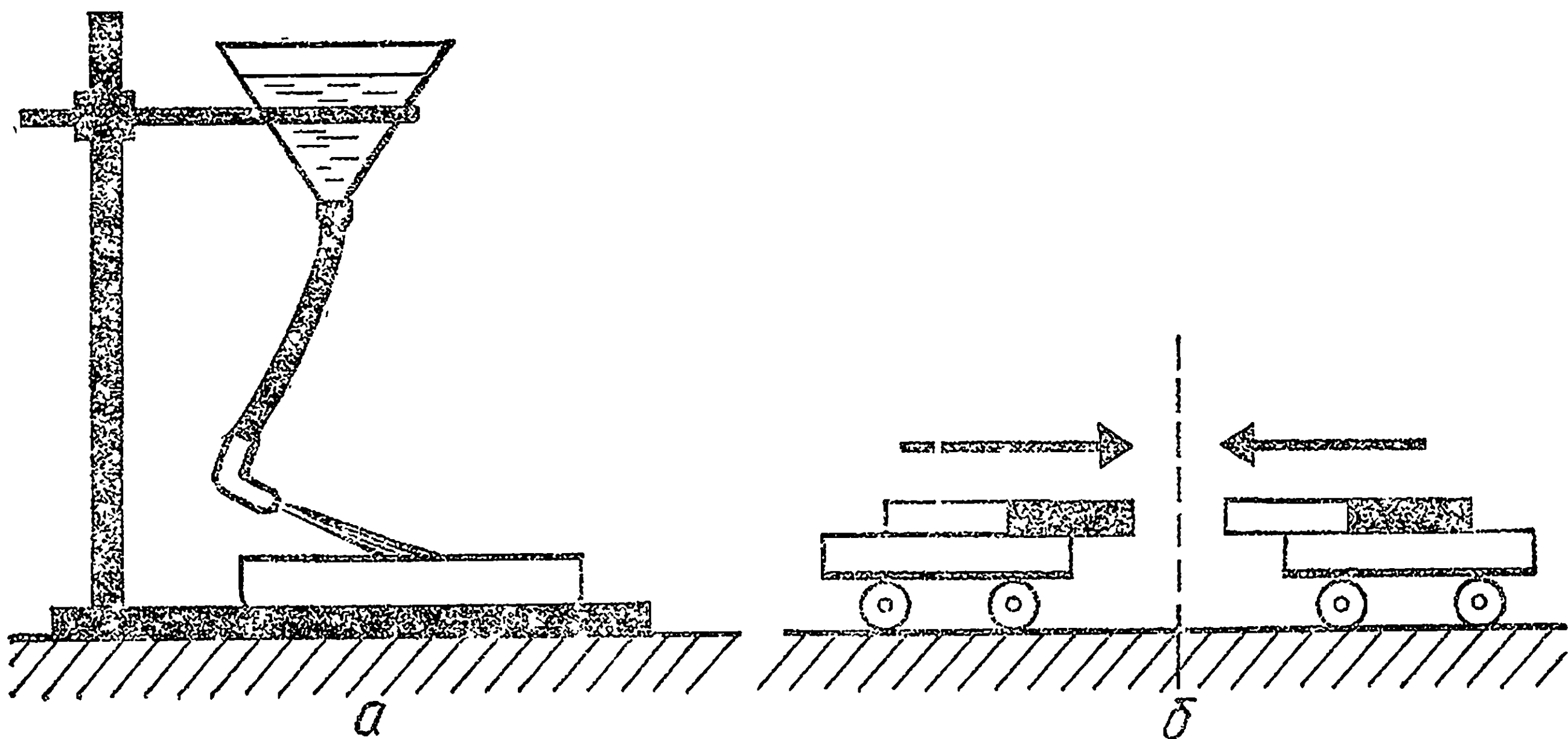


Рис. 18.6

1) изменение скоростей тел $\Delta \vec{v}_1$ и $\Delta \vec{v}_2$, а следовательно, их ускорения \vec{a}_1 и \vec{a}_2 направлены в противоположные стороны;

2) модули величин $\Delta \vec{v}_1$ и $\Delta \vec{v}_2$, а следовательно, \vec{a}_1 и \vec{a}_2 могут принимать различные значения; это качественно видно на глаз. Желательно однако подтвердить этот вывод и измерениями, тем более, что они необходимы для последующего. Следующая задача состоит в том, чтобы показать, что отношение абсолютных значений ускорений двух тел есть величина постоянная, не зависящая от того, как взаимодействовали тела. Данное положение далеко не очевидно и требует специального эксперимента, связанного с измерением ускорений.

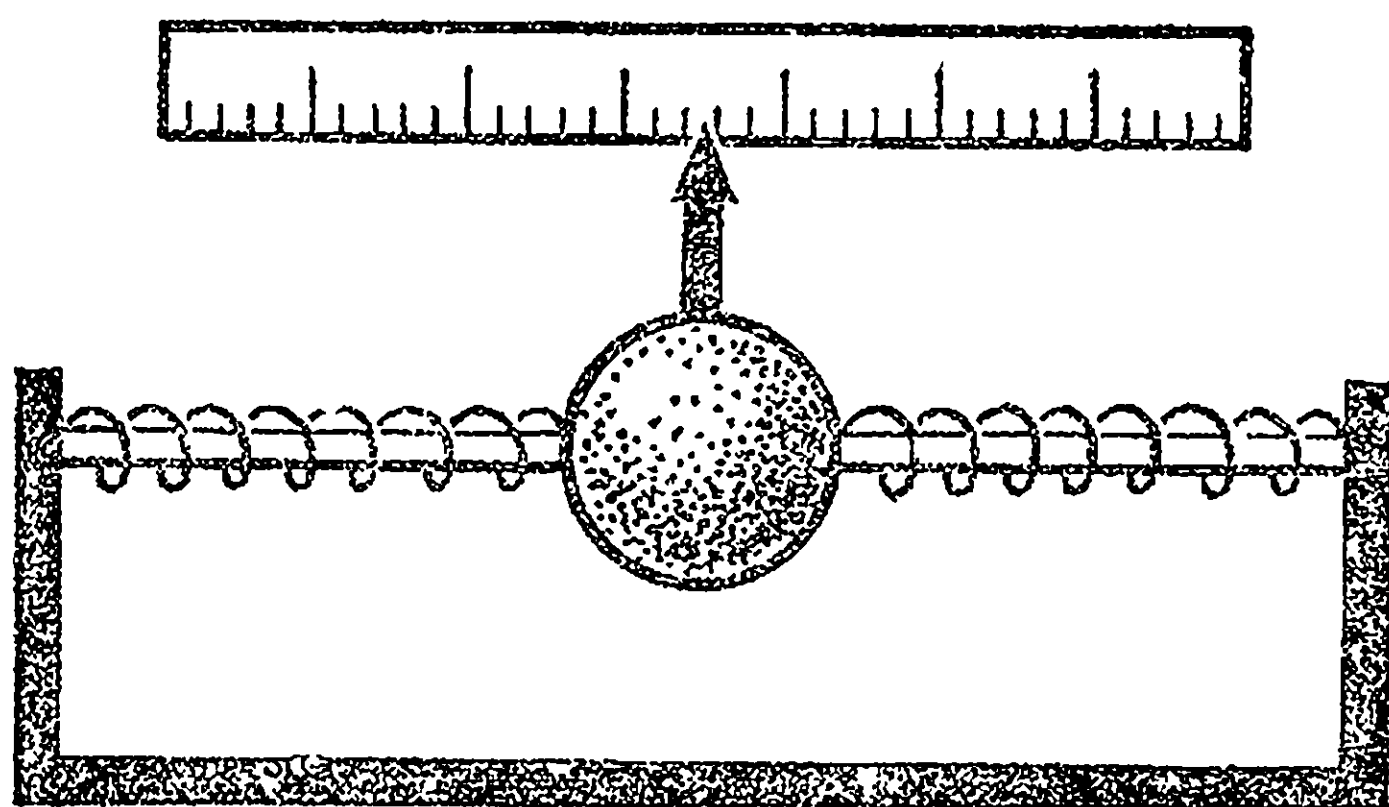
Для прямых измерений ускорений необходим прибор — акселерометр.

В технике применяют механические, электромеханические и электрические акселерометры [47]. Ряд конструкций механических акселерометров, доступных для самостоятельного изготовления, описан в методической литературе¹. Их принцип действия основан на отклонении при ускоренном движении пружинного или тяжелого маятника (рис. 18.7). Для пружинного маятника $|\vec{a}| = \frac{kx}{m}$, а

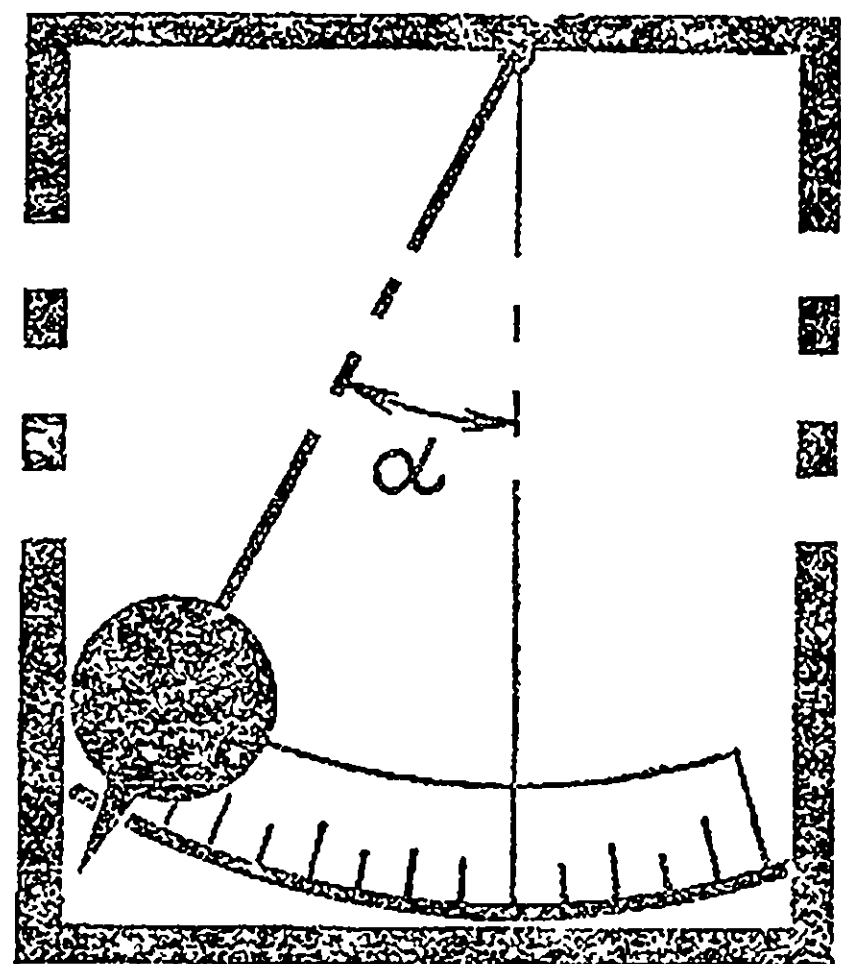
для тяжелого $|\vec{a}| \sim \text{tg } \alpha$. В опытах акселерометры прикрепляют к ускоренно движущимся телам, например, к тележкам, взаимодействующим с помощью буферной пружины.

Желательно также показать фрагмент кинофильма «Законы Ньютона» (II часть), где демонстрируется специальная установка, в которой с помощью пружины взаимодействуют железный и алюминиевый цилиндры, а их ускорения измеряются акселерометром.

¹ См.: Физика в школе, 1972, № 4, с. 90—91.



a



б

Рис. 18.7

Помимо прямых возможны и косвенные измерения ускорений взаимодействующих тел.

В этих целях можно решить следующие экспериментальные задачи:

1. Найти отношение модулей ускорений снарядов, вылетающих из двустороннего баллистического пистолета (рис. 18.8).

Опыт и расчеты покажут, что при любом сжатии пружины $\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \frac{l_1}{l_2} = \text{const}$, где l_1 и l_2 — дальность полета шаров в горизонтальном направлении. (Самостоятельно учащиеся будут решать данную задачу, выполняя работу физического практикума «Проверка постоянства отношения ускорений двух тел при их взаимодействии» [55, 6].)

2. Два шарика 1 и 2 с отверстиями связаны нитью и насажены на стержень, по которому они могут скользить с незначительным трением (рис. 18.9).

Найти на опыте отношение модулей ускорений шариков \vec{a}_1 и \vec{a}_2 и доказать, что оно остается неизменным для различных длин связывающей их нити.

Опыты и расчеты покажут, что $\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \frac{r_2}{r_1} = \text{const}$. Следовательно, при любых (и поступательных и вращательных) движениях

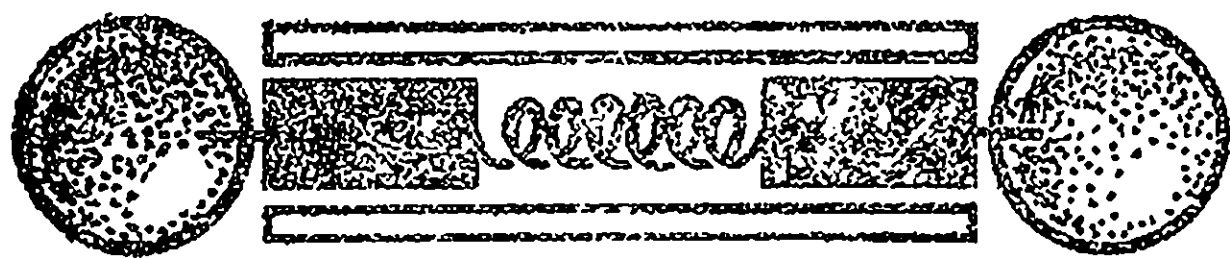


Рис. 18.8

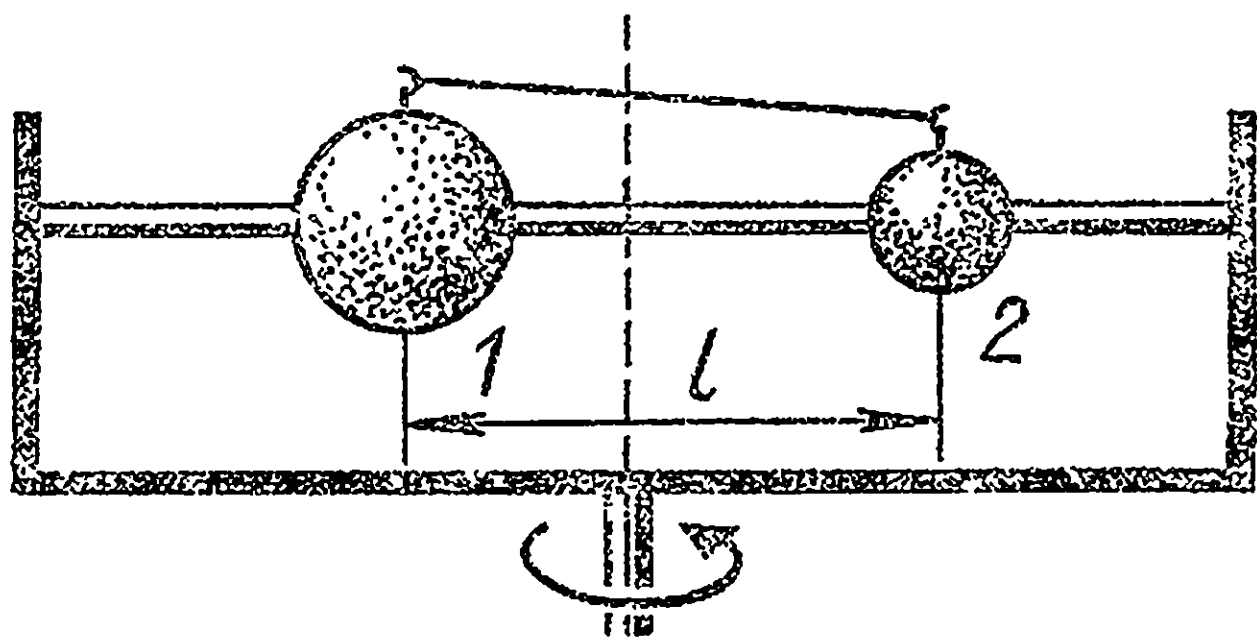


Рис. 18.9

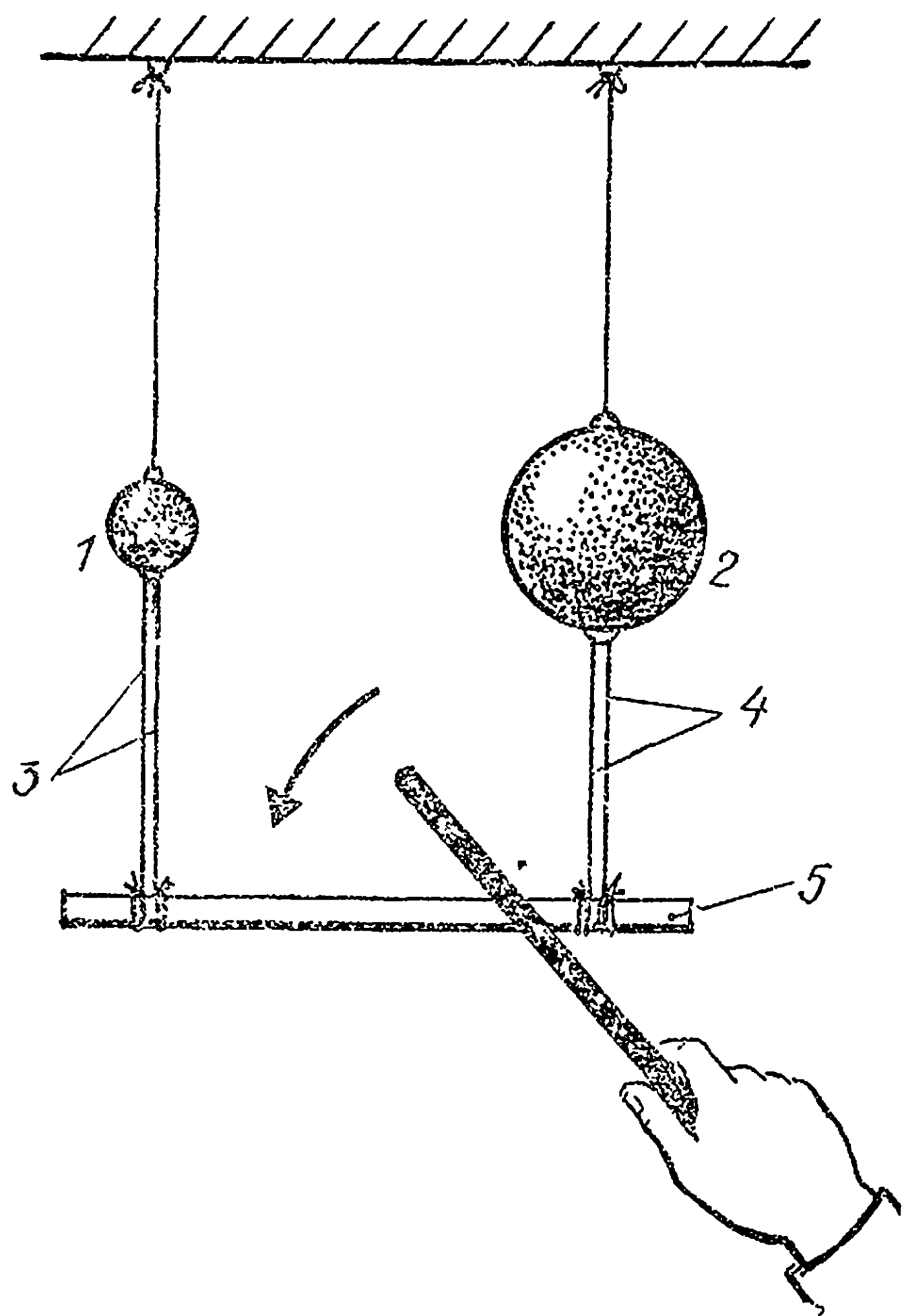


Рис 18.10

отношение модулей ускорений двух данных взаимодействующих тел есть величина постоянная.

Одни тела, взаимодействуя с избранным, получают ускорения, большие в 2, 3 и т. д. раз, другие — меньшие ускорения. О первых телах говорят, что они менее «инертны», о вторых — более «инертны».

Инертность — это свойство, присущее всем телам. Стоит оно в том, что для изменения скорости тела на заданную величину нужно, чтобы действие на него определенного другого тела длилось некоторое время. Чем это время больше, тем инертнее тело. Из двух взаимодействующих тел то тело более инертно, которое медленнее «набирает» скорость, т. е. приобретает

при взаимодействии меньшее ускорение.

Для закрепления понятия об инертности тел полезно решить следующие задачи:

1. На одинаковые нити подвешивают два груза 1 и 2, значительно отличающиеся по массе (рис. 18.10). Снизу каждый груз привязывается двумя нитями 3 и 4 к перекладине 5. При резком ударе по перекладине 5 обрывается верхняя нить малого груза и нижние нити большого. Объяснить почему.

О т в е т. За одно и то же малое время груз 1, обладающий меньшей инертностью, получил большую скорость, переместился на большее расстояние и оборвал верхнюю нить. Большой же груз переместился незначительно, и верхняя нить осталась целой.

2. В цирке показывают такой аттракцион. Молотами бьют по наковальне, поставленной на грудь человека (рис. 18.11). Почему это безопасно для человека, держащего наковальню?

Инертность тел может быть различной, большей или меньшей, а потому ее можно сравнивать и измерять, как всякую физическую величину.

Инертность выражается определенной величиной, получившей название *м а с с а*. Естественно приписывать большую массу тому из двух взаимодействующих тел, которое более инертно.

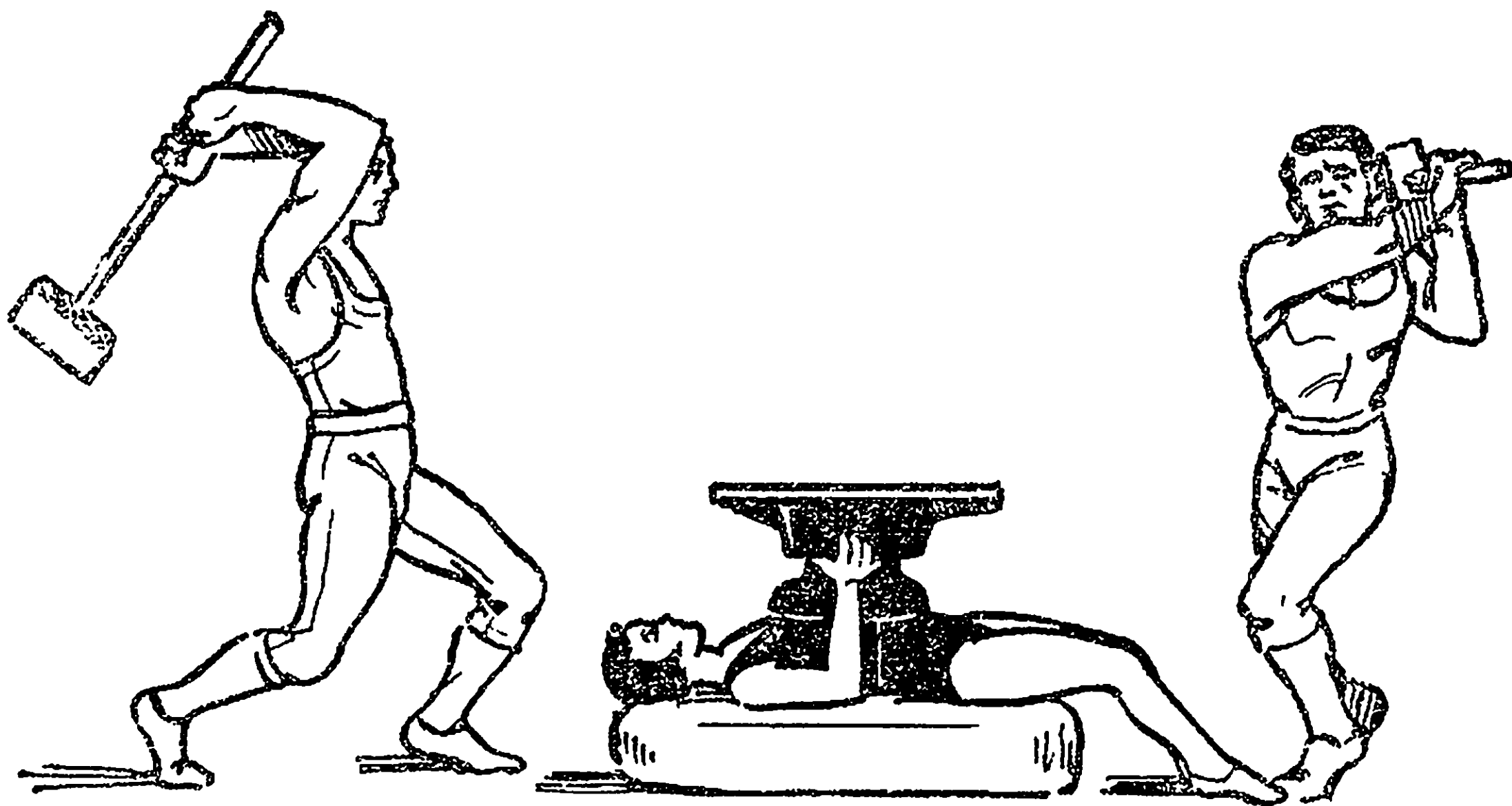


Рис. 18.11

В качестве повторения и закрепления материала здесь полезно решить такую задачу:

Два мальчика на коньках, оттолкнувшись руками друг от друга, поехали в разные стороны со скоростями 5 и 3 м/с. Масса какого мальчика больше и во сколько раз?

Задача решается на основе знаний, полученных учащимися из курса физики VI класса и сделанных ранее опытов (см. рис. 18. 8 и 18. 9).

$$\frac{m_2}{m_1} = \frac{|\Delta \vec{v}_1|}{|\Delta \vec{v}_2|} = \frac{5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{3 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = \frac{5}{3}.$$

Масса второго мальчика больше в $\frac{5}{3}$ раза.

Так как

$$\frac{|\Delta \vec{v}_1|}{|\Delta \vec{v}_2|} = \frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|},$$

то

$$\frac{|\vec{a}_1|}{|\vec{a}_2|} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Это означает, что отношение модулей ускорений взаимодействующих тел равно обратному отношению их масс [4, с. 79].

Чтобы найти массу каждого отдельного тела, выбирают какое-нибудь тело в качестве эталона массы; массу его условно принимают за единицу. Тогда с помощью опыта, в котором тело, масса которого определяется, взаимодействует с эталоном массы, находят отношение

$$\frac{|\vec{a}_{\text{эт}}|}{|\vec{a}_{\text{т}}|} = \frac{m_{\text{т}}}{m_{\text{эт}}}.$$

$$m_r = \frac{|\vec{a}_{\text{эт}}|}{|\vec{a}_r|} \text{ единиц массы.}$$

При этом надо обратить внимание учащихся на то, что из данного выражения нельзя упускать слова «единиц массы», так как в противном случае получится отвлеченное, неименованное число.

В учебнике физики для VIII класса дается следующее определение массы: *Масса тела — это величина, выражающая его инертность. Она определяет отношение ускорения эталона массы к ускорению тела при их взаимодействии* [4, с. 80].

В этом определении нужно выделить две части: первая содержит утверждение о том, что масса есть величина, характеризующая инертность тел. Эта часть определения раскрывает физическую сущность величины. Вторая часть является дополняющей, раскрывающей способ определения массы тел.

Далее логически следует вопрос об единице измерения массы и, наконец, о способе ее измерения. При рассмотрении вопроса об единице измерения массы надо предупредить возможность неверного запоминания учащимися определения. Многие учащиеся в определении запоминают только то, что цилиндр — эталон массы изготовлен из платины с иридием, другие — только то, что это тело является цилиндром. Чтобы не допустить подобных ошибок, необходимо обратить внимание учащихся на то, что за единицу массы принята масса определенным образом выбранного тела. Таким телом является цилиндр, изготовленный из сплава платины с иридием и хранящийся в Международном бюро мер и весов.

В качестве примера практического использования изученного метода измерения масс рассматривают задачу по сравнению масс Земли и Луны [4, § 26].

Таким образом, учащиеся получают более полное, чем в VI классе, понятие о динамическом методе сравнения и измерения масс. Но шестиклассники получили понятие и об измерении масс тел взвешиванием. В VIII классе на данном вопросе останавливаются позднее в теме «Силы природы» в связи с изучением сил всемирного тяготения. Однако и в данной теме следует кратко сказать об определении массы тел взвешиванием и о том, где применяется каждый метод.

«Динамический» метод, связанный с расчетом ускорений, обычно применяется для измерения масс микро- и макрообъектов. А «статический», основанный на взвешивании, — в повседневной практической деятельности, а также в метрологии. Единица массы — 1 кг — масса платино-иридиевого эталона — и изготовленные с той или иной степенью точности его копии рассчитаны на использование именно путем взвешивания.

При выборе соответствующих единиц измерения оба метода дают независимо один от другого одинаковые результаты. Это полезно

показать, взвесив на весах шарики, которые использовались в экспериментальной задаче (см. рис. 18.8 и 18.9).

Масса обладает свойством *а д д и т и в н о с т и*, почти очевидным для учащихся: *общая масса нескольких тел равна сумме их масс*.

Наконец, для дальнейшего расширения и углубления понятия о массе, а также в целях межпредметных связей следует кратко сказать о законе сохранения массы, о котором учащиеся получили в курсе химии VII класса следующие основные сведения: «Масса веществ, вступивших в химическую реакцию, всегда равна массе получившихся веществ»¹.

Этот основной закон химии называется законом сохранения массы. Впервые закон сохранения массы был сформулирован М. В. Ломоносовым. Ввиду большого значения этого закона для формирования понятия о массе некоторые авторы, в том числе Л. Д. Ландау, вполне обоснованно включают его и в учебники физики.

4. Методика формирования понятия «сила»

При формировании данного понятия неизбежно приходится считаться с тем, что оно находит самое широкое применение в повседневной жизни и в известной мере знакомо учащимся до изучения физики. На основе жизненного опыта учащиеся с данным понятием связывают прежде всего представление о мускульной силе, толкании, тяге, весе, «магнитной» силе и т. п. В связи с этим во многих учебниках элементарной физики поясняется: «Все виды тяги и толчков называются силами» [14, с. 8]. Не возводя данное пояснение в ранг научных определений, его все же следует использовать на первоначальном этапе формирования понятия о силах.

Заметим, что И. Ньютон разъясняет «происхождение» силы аналогичным образом: «Происхождение приложенной силы может быть различное: от удара, от давления, от центростремительной силы»².

Далее, обобщая бытовое представление и конкретные примеры, следует сказать, что сила — это краткое название действия одного тела на другое. Следующая задача — выяснить и количественно определить, в чем же именно проявляется это действие тел друг на друга. На конкретных примерах уже в VI классе учащимся показывают, что «сила — причина изменения скорости движения» [10, с. 45].

Данное определение также соответствует ньютоновской трактовке понятия силы: «... приложенная сила — есть действие, произво-

¹ Хо да ко в Ю. В., Э п ш т е й н Д. А., Г л о р и о з о в П. А. Неорганическая химия. Учебник для 7—8 классов. М., 1978, с. 30.

² Цитируется по кн.: Л ь о ц ц и М. История физики. М., 1970, с. 131.

димое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения»¹.

Но действие одного тела на другое, или сила, может быть больше или меньше, поскольку в большей или меньшей мере может изменяться движение тела, т. е. его скорость. А быстрота изменения скорости, как известно, характеризуется ускорением.

Можно сказать, чем больше ускорение тела, тем значительнее взаимодействие тел или сила, с которой одно тело действует на другое.

Но ускорение тела можно найти по формуле

$$|\vec{a}_1| = \frac{m_2}{m_1} |\vec{a}_2|,$$

которая в векторной форме имеет вид: $\vec{a}_1 = -\frac{m_2}{m_1} \vec{a}_2$. Знак «—»

показывает, что ускорения \vec{a}_1 и \vec{a}_2 имеют противоположные направления.

Из данной формулы видно, от каких величин зависит ускорение избранного первого тела массой m_1 и как можно количественно определить «действие» на него второго тела, к которому относятся величины m_2 и \vec{a}_2 и произведение $-m_2\vec{a}_2$. Это произведение по определению называют силой \vec{F} .

Следовательно, $\vec{a}_1 = \frac{\vec{F}}{m_1}$, или $\vec{F} = m_1\vec{a}_1$.

Обратим внимание на то, что сила \vec{F} является «внешней» по отношению к первому телу, так как определяется через величины m_2 и \vec{a}_2 , характеризующие второе тело.

На это обстоятельство обращал внимание и Ньютон. «Определив силу («Определение IV») как «действие», производимое над телом, чтобы изменить его состояние покоя или равномерного прямолинейного движения, Ньютон указывает на внешний по отношению к телу характер этого действия»².

Выражение $\vec{F} = m\vec{a}$ нельзя рассматривать только как определение силы. Оно выражает определенный физический закон (по существу это закон действия и противодействия). Оно осталось бы только определением, если бы, кроме данного уравнения, мы ничего другого не знали о силе³.

Следовательно, сила в механике — это физическая величина, которую можно определить как «количественную меру действия тел друг на друга, в результате которого тела получают ускорение» [9, с. 77].

¹ Цитируется по кн.: Л ъ о ц ц и М. История физики. М., 1970, с. 131

² Цитируется по кн.: К у д р я в ц е в П. С. История физики. М., 1956, т. 1, с. 229.

³ См.: К и к о и н И. К. Вопросы механики из курса физики средней школы по новой программе.— Физика в школе, 1969, № 4, с. 30.

Далее естественно возникает вопрос, как и в каких единицах измерять силы. Эти сведения уже известны учащимся: в VI классе они получили первоначальное понятие о силах тяжести, упругости и трения и их измерении динамометрами.

Эти сведения следует повторить, в том числе восстановить в памяти учащихся, что за единицу силы принят 1 Н — сила, приблизительно равная силе тяжести, действующей на тело массой 0,1 кг или, точнее, $\frac{1}{9,8}$ кг [10, с.50].

Здесь можно рассказать ребятам, что гири как эталоны не только массы, но и силы, прежде всего веса, использовались разными народами с незапамятных времен. Используются они в этих целях и в настоящее время. Так, например, тяжелоатлеты, соревнуясь в силе, поднимают гири или штанги.

Однако вес гирь как эталон силы имеет существенный недостаток: он неодинаков в различных местах земного шара и тем более на других планетах и в космосе, где он вообще может быть равен нулю. И если разницей в весе тел на Земле и в повседневной практике часто можно пренебречь, то ей никак нельзя пренебречь в точных физических расчетах и метрологии. Поэтому и градуировка пружинного динамометра с помощью гирь, которая выполнялась учащимися на лабораторной работе в VI классе, имеет тот же недостаток. Следовательно, нужно найти другие, принципиально более точные способы измерения и вычисления сил.

В памяти учащиеся восстанавливают также следующие понятия.

1. *Сила — векторная величина, которая, кроме численного значения, имеет направление. Важно знать и точку приложения силы.*

2. *Исходя из определения, констатируют, что равные силы, независимо от их природы, сообщают одним и тем же телам одинаковые ускорения. Для пояснения этого положения можно использовать опыты, схематически изображенные на рисунках 18.6 и 18.8.*

3. *Равные по абсолютному значению, но противоположно направленные силы ускорения телу не сообщают. Это утверждение известно учащимся в связи с изучением первого закона Ньютона (см. рис. 18.1—18.4).*

4. *Ускорение избранного тела, возникающее при его взаимодействии с другим телом, может быть найдено по формуле*

$$|\vec{a}_1| = \frac{m_2}{m_1} |\vec{a}_2|.$$

Таким образом, существенно новым при формировании понятия о силе в VIII классе является то, что силу неразрывно связывают с ускорением. В том числе поясняют, что сила упругости — это в конечном итоге взаимодействие частей тела, которое приводит их в ускоренное движение.

На примере растянутой пружины выясняют, что при ее сокраще-

нии витки движутся с ускорением. «Значит, на все части растянутой пружины... действует сила ...» [4, с. 84].

Используют также полученные в VI классе представления о зависимости упругой силы пружины только от деформации или «взаимного расположения ее частей» [4, с. 84].

С помощью растянутой пружины может быть создана некоторая определенная сила. Вопросы об измерении этой силы или градуировке пружины пока не решают.

По существу в неявном виде растянутая пружина выступает как некий эталон силы.

Таким образом, взаимосвязанные величины: ускорение \vec{a} , масса m и сила \vec{F} — могут в известной мере рассматриваться как определенные независимо одна от другой.

5. Зависимость между силой, массой и ускорением. Второй закон Ньютона

Данную зависимость с точностью, которая возможна в демонстрационном эксперименте, устанавливают на опыте.

Поскольку согласно принятой в стабильном учебнике методике сначала устанавливается только способ задания некоторой силы «безразлично какой именно!» [4, с. 85], в опытах можно варьировать только значение массы и ускорения и, следовательно, устанавливать зависимость $\vec{F} = m\vec{a} = \text{const}$.

Установить такую зависимость для прямолинейного движения сложнее, чем для вращательного, поэтому целесообразно для опыта использовать установку, описанную в «Демонстрационном эксперименте по физике» [48, опыт 40], или самодельную установку (рис. 18.12), основу которой составляет уже знакомый учащимся прибор (см. рис. 18.9). В установке посередине стержня 1 с помощью винта 2 закрепляют хомут 3, имеющий сверху петельку для нити 4, которую одним концом привязывают к телу 5 массой m , а другим — к крючку трубчатого динамометра 6.

Приведя прибор во вращение, показывают, что при одном и том же растяжении пружины произведение массы на ускорение для различных тел остается неизменным.

Опыты позволяют заключить, что о значении силы упругости всегда можно судить по значению произведения $m|\vec{a}|$, т. е. $|\vec{F}_{\text{упр}}| = m|\vec{a}|$ или в векторной форме $\vec{F}_{\text{упр}} = m\vec{a}$.

Далее на примере силы тяжести следу-

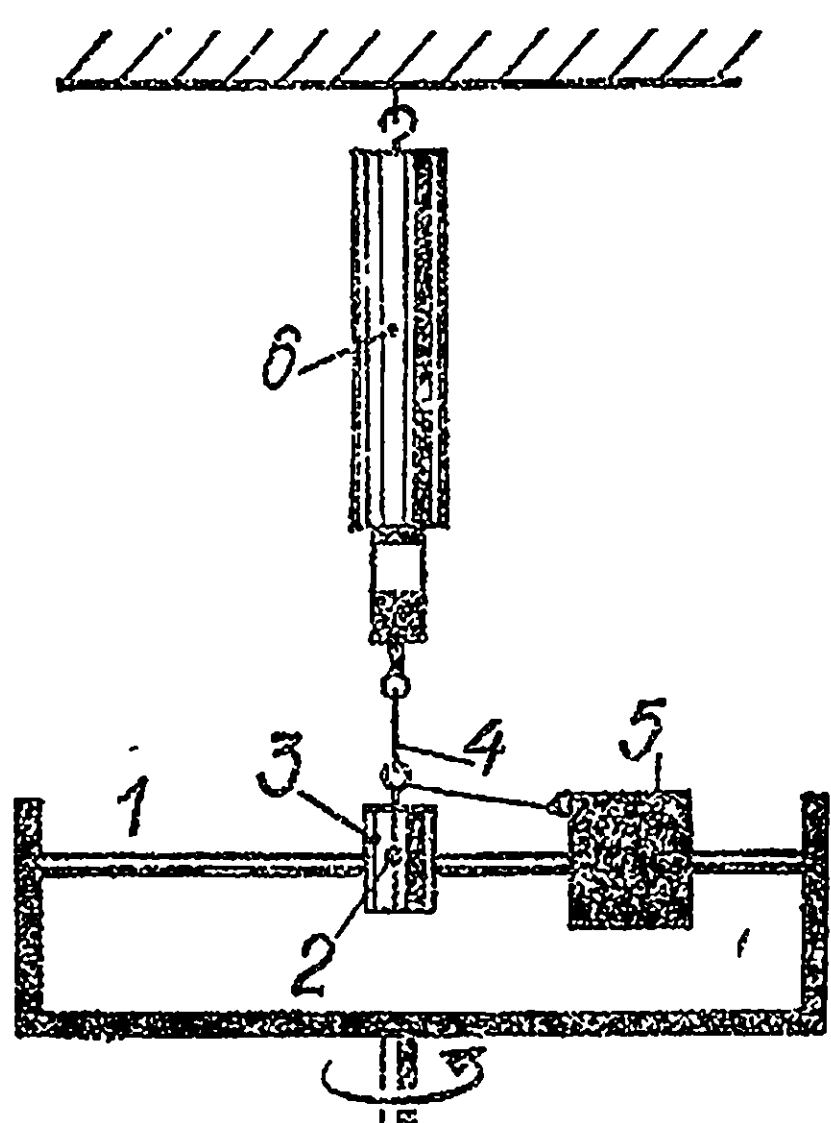


Рис. 18.12

ет показать, что произведение $m\vec{a}$ является также мерой и других сил. Для этого можно рассмотреть пример с подвешенной на пружине гирей, приведенный в учебнике [4, § 28].

Желательно показать, что и для силы трения $\vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$. Для опыта можно использовать прибор (см. рис. 18.12), в котором на среднюю часть стержня 1 надевают резиновую пробку. В пробку на определенную глубину втыкают иголку с ниткой, второй конец которой привязывают к телу 5 массой m . Приводят прибор во вращение и добиваются того, чтобы иголка, удерживаемая некоторой силой трения $\vec{F}_{\text{тр}}$, была выдернута из пробки. Расчетами находят произведение $m_1 |\vec{a}_1|$. Повторяют опыт с другим телом массой m_2 при той же силе трения и убеждаются, что $m_1 |\vec{a}_1| = m_2 |\vec{a}_2|$. Следовательно, $\vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}$.

Делают вывод: для любых сил в механике $\vec{F} = m\vec{a}$.

Учащимся говорят, что это и есть важнейший закон динамики — второй закон Ньютона. (Авторы многих руководств по физике дают ему поэтому дополнительно «специальное» название — «основной закон динамики» [17, гл. 7].)

Формула $\vec{F} = m\vec{a}$ позволяет установить единицу силы. В СИ это известная учащимся единица силы — ньюто н, которая теперь может быть строго определена как сила, сообщающая телу массой 1 кг ускорение 1 м/с²; $1 \text{ Н} = 1 \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2}$.

Используя второй закон Ньютона, с помощью опыта, подобного показанному на рисунке 18.12, можно проградуировать пружину в ньютонах. Практически тех же целей проще достичь, подвешивая к пружине гири и используя то обстоятельство, что при их равновесии $|\vec{F}_{\text{упр}}| = |\vec{F}_\text{г}| = |m\vec{g}|$. Это известный учащимся статический метод измерения сил.

6. Измерение сил. Динамометр. Сложение сил

По данному вопросу следует прежде всего восстановить в памяти учащихся сведения об измерении сил динамометрами, которые им известны из курса физики VI класса [10, § 34]. В политехнических целях крайне желательно также продемонстрировать технические или медицинские динамометры, к которым школьники всегда проявляют большой интерес.

Принцип действия таких динамометров и их конструктивные особенности желательно пояснить с помощью модели, показанной на рисунке 18.13. На модели отчетливо видна важнейшая часть динамометра — пластинчатые пружины 1, шкала 2 и передающий механизм, состоящий из зубчатых колес 3 и рейки 4.

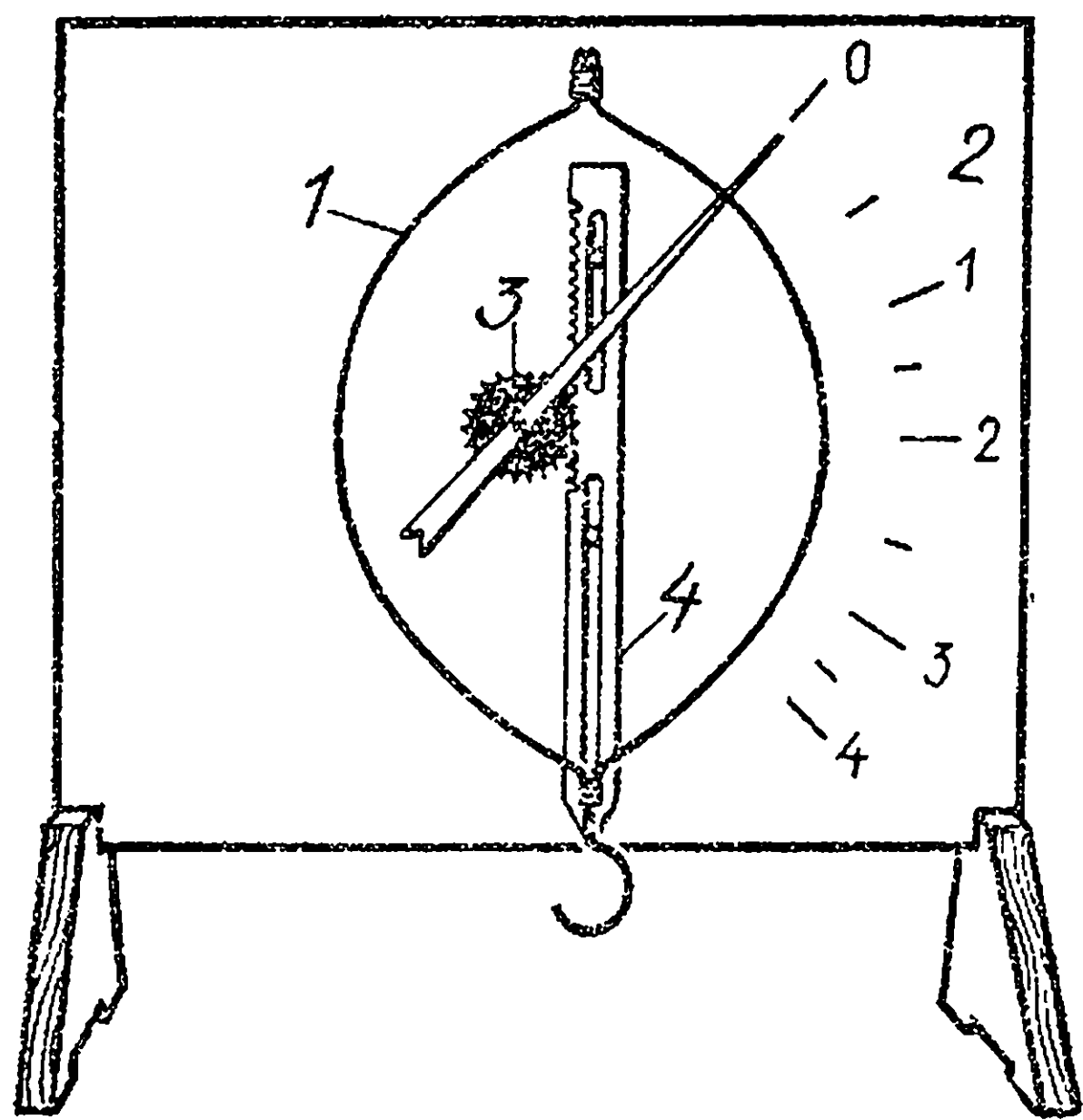


Рис. 18.13

Используя демонстрационный эксперимент [53, рис. 17.11 и 17.12], повторяют сведения о сложении сил, направленных по одной прямой [10, § 37], и переходят к изучению главного и нового для учащихся вопроса о сложении сил, действующих на тело под углом друг к другу.

Соответствующие правила сложения сил могут быть установлены на основе уже имеющихся у учащихся общих сведений о сложении векторов. Однако и в этом случае должен быть использован демонстрационный эксперимент [48, опыт

21]. На опытах следует также показать, как изменяется значение равнодействующей в зависимости от угла между составляющими. Введенные таким образом понятия закрепляют, решая, например, такие задачи:

1. Могут ли силы 10 и 14 Н, приложенные к одной точке, дать равнодействующую 3 Н; 4 Н; 24 Н; 30 Н? [32, № 294.]

2. Найти геометрически равнодействующую двух сил по 100 Н каждая, приложенных в одной точке под углом 30; 45; 90 и 120°.

7. Закрепление и углубление материала на второй закон Ньютона

Для закрепления и углубления материала на второй закон Ньютона рассматривают главным образом тренировочные задачи, позволяющие усвоить формулу $\vec{F} = m\vec{a}$ и единицы измерения входящих в нее величин [4, упр. 19]. При решении задач нужно научить учащихся определять направление векторных величин, особенно

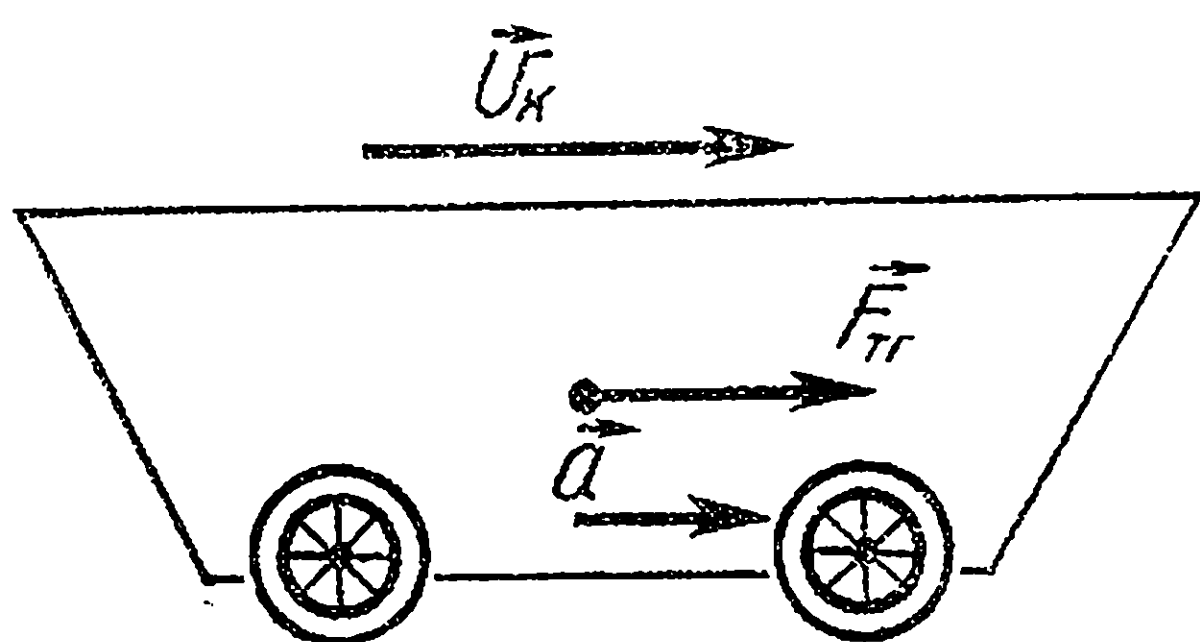


Рис. 18.14

ускорения. В соответствии с уравнением $\vec{F} = m\vec{a}$ ускорение имеет то же направление, что и сила. Следует также повторить, как определяется направление ускорения по формуле $\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$,

что необходимо в том случае, когда неизвестно направление сил, действующих на тело. Можно начать с такой задачи:

С каким ускорением придет в движение вагонетка массой 400 кг, если на нее начнет действовать сила тяги 100 Н? Указать на чертеже направления скорости, силы и ускорения. Трение не учитывать.

Решение. Выполнив схематический чертеж (рис. 18.14), изображают действующую силу тяги $\vec{F}_{\text{тр}}$. Направление ускорения \vec{a} совпадает с направлением $\vec{F}_{\text{тр}}$. Так как в начальный момент вагонетка находилась в состоянии покоя, то направление скорости совпадает с направлением \vec{a} и $\vec{F}_{\text{тр}}$. (Это видно также из формулы

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_k - \vec{v}_n}{t}. \quad \text{Так как } \vec{v}_n = 0, \text{ то } \vec{a} = \frac{\vec{v}_k}{t}.)$$

$$\vec{F}_{\text{тр}} = m\vec{a}; \quad |\vec{a}| = \frac{|\vec{F}_{\text{тр}}|}{m} = \frac{100 \text{ Н}}{400 \text{ кг}} = 0,25 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Следует также решить задачи, по условию которых требуется учитывать действие на тело нескольких сил, направленных как по одной прямой, так и под углом друг к другу. Решение таких задач следует свести к рассмотренному выше типу, когда на тело действует только одна сила \vec{F} . Для этого предварительно, как правило, геометрически находят равнодействующую сил. В данной теме будет достаточно, если равнодействующая \vec{F} будет суммой всего двух, максимум трех сил, притом расположенных друг к другу под такими углами, которые легко изобразить на чертеже (0, 30, 45, 60, 90, 120, 135, 180°).

С каким ускорением будет двигаться вагонетка массой 400 кг, если на нее начнет действовать сила тяги 100 Н, а сила трения равна 20 Н?

Задачу решают аналогично рассмотренной выше, но, предварительно указав на чертеже силы $\vec{F}_{\text{тр}}$ и $\vec{F}_{\text{тр}}$, находят их равнодействующую $\vec{F} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_{\text{тр}}$, равную по модулю их разности и направленную в сторону силы $F_{\text{тр}}$. $|\vec{a}| = \frac{|\vec{F}|}{m} =$

$$= \frac{100 \text{ Н} - 20 \text{ Н}}{400 \text{ кг}} = 0,2 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}.$$

Какие значения может иметь ускорение тела массой 2 кг, если на него одновременно действуют силы 10 и 15 Н?

Сила натяжения тетивы лука (рис. 18.15) 30 Н и угол $\alpha = 120^\circ$. Какое ускорение сообщит тетива стреле массой 40 г?

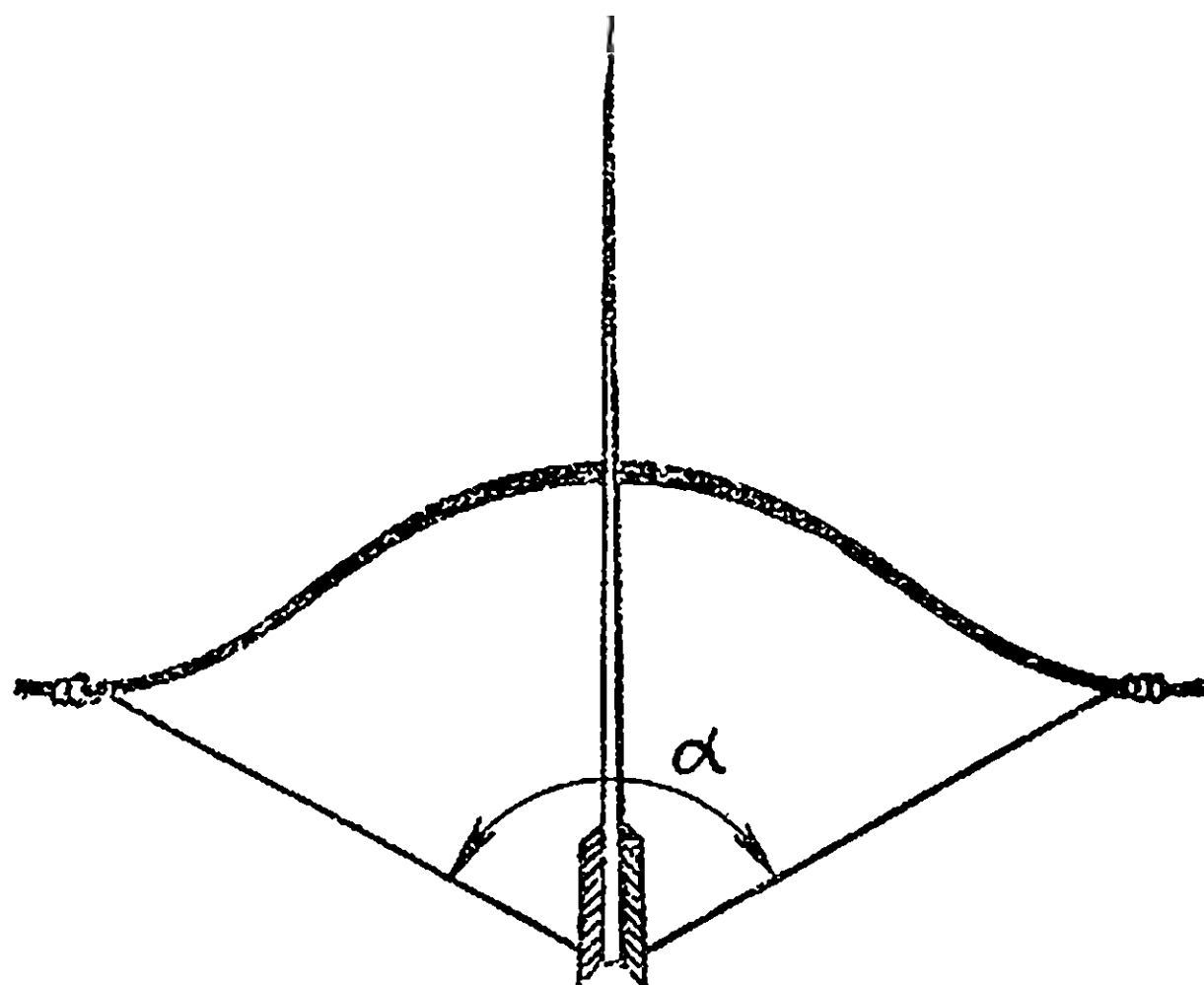


Рис. 18.15

Для самостоятельной работы учащихся можно использовать дидактические материалы [33]. Для закрепления материала полезно также показать кинофильм «Законы Ньютона» (II часть).

8. Третий закон Ньютона

Изучение третьего закона Ньютона начинают с повторения опытов по взаимодействию тел (см. рис. 18.5), обращая внимание при этом на то, что каждое из тел действует на другое с некоторой силой.

После этого следует еще раз рассмотреть взаимодействие двух тел при их вращательном движении (см. рис. 18.9) и записать известное учащимся соотношение

$$\frac{|\vec{a}_2|}{|\vec{a}_1|} = -\frac{m_1}{m_2}$$

в виде

$$m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2.$$

Так как $m_1 \vec{a}_1 = \vec{F}_1$ и $m_2 \vec{a}_2 = \vec{F}_2$, где \vec{F}_1 и \vec{F}_2 — это силы, приложенные соответственно к первому и второму телам, то $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$. Это равенство выражает третий закон Ньютона. Словесная его формулировка в учебной литературе различна.

В некоторых учебниках [1; 15] этот закон приводится в той формулировке, которая была дана в «Началах» самим Ньютоном: «Действию всегда есть равное и противоположное противодействие, другими словами, действия двух тел друг на друга всегда равны и направлены в противоположные стороны».

Еще чаще этот закон формулируется как утверждение, что «сила действия равна силе противодействия» [13, с. 176] или еще более кратко: «действие равно противодействию» [12, с. 294].

Как показывает педагогическая практика, в этих кратких формулировках третий закон Ньютона хорошо запоминается учащимися, но далеко не всегда глубоко понимается. Поэтому лучше дать более обстоятельную и исчерпывающую формулировку: силы, с которыми действуют друг на друга тела, по абсолютному значению равны и направлены по одной и той же прямой в противоположные стороны.

Силы, о которых идет речь в третьем законе Ньютона, всегда одной природы. Приложены они к различным телам и потому не имеют

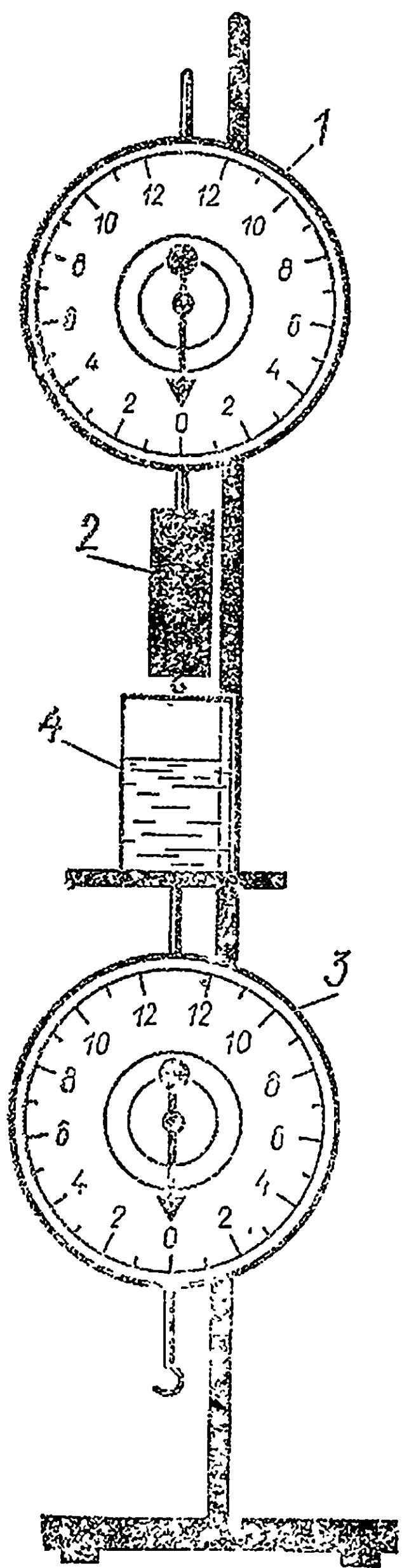


Рис. 18.16

равнодействующей. На опытах следует показать, что силы всегда возникают парами. Если есть одна сила, то есть и другая, равная ей по модулю, но противоположная по направлению.

К динамометру 1 (рис. 18.16) подвешивают тело 2, например цилиндр от ведерка Архимеда, а на столик динамометра 3 ставят сосуд 4 с водой (стрелки обоих динамометров лучше установить на нуле). Опуская цилиндр 2 в сосуд 4, наблюдают одновременное, равное и противоположное изменение показаний обоих динамометров. Полезно показать и другие опыты [48, ч. 1, опыт 15].

На внеклассных занятиях, особенно на вечерах занимательной физики, возможно решение большого числа интересных и поучительных занимательных задач, софизмов и парадоксов [51, № 353; 23, № 24, 25, 73, 74]. В качестве примера приведем одну из таких задач:

На рычажных весах уравновешен стакан с водой. Нарушится ли равновесие весов, если в воду погрузить карандаш и держать его в руках, не касаясь стенок стакана? Проверить ответ на опыте. (Вода не должна выливаться из стакана.)

Неожиданный для учащихся результат опыта объясняется тем, что не только вода действует с архимедовой силой на карандаш, но и карандаш с равной по модулю, но противоположной по направлению силой действует на воду.

По теме следует показать кинофильм «Законы Ньютона» (III часть).

9. Заключительное занятие по теме «Законы движения Ньютона»

Целью заключительного занятия является систематизация и обобщение знаний учащихся по теме. Может быть рекомендован следующий план проведения этого занятия.

1. Предмет и задачи динамики.
2. Основные понятия динамики.
3. Масса.
4. Сила.
5. Первый закон Ньютона (формулировка закона, его проявления в природе и технике. Использование закона на практике).
6. Второй закон динамики.
7. Третий закон динамики, опыты, подтверждающие его справедливость.

Занятие целесообразно провести в форме семинара. План его сообщается учащимся заранее. Учитель рекомендует учащимся ответы на 3 и 4-й вопросы готовить в соответствии с обобщенным планом о величине, а ответы на 5, 6 и 7-й вопросы — в соответствии с обобщенным планом ответа о законе (см. гл. 2, § 3).

Обобщенный план ответа о величине выражает о б щ и е т р е б о в а н и я к усвоению понятия *физическая величина*:

1. Указать, какое свойство тел (или явление) количественно характеризует данная величина.

2. Дать определение величины.

3. Указать, какая это величина: основная или производная.

4. Записать определительную формулу (для производной величины).

5. Выяснить, скалярная это величина или векторная.

6. Указать единицу измерения величины в СИ, объяснить, как она определяется (для производной величины) или как она устанавливается, выбирается (для основной величины).

7. Назвать способы измерения величины, указать, на чем они основаны.

Обращение к этому плану при рассмотрении (повторении) вопросов о массе и силе способствует систематизации и обобщению знаний о величинах вообще и уточнению, закреплению знаний о конкретных величинах — массе и силе.

После ответов учащихся о массе и силе (по планам обобщенного характера) целесообразно осуществить сравнение этих величин. При этом обращается внимание на следующее.

Масса характеризует инертные свойства тел, а сила — явление (взаимодействие тел). Масса является основной, скалярной величиной, а сила — производной, векторной величиной. Единица измерения массы устанавливается произвольно, на основе международного соглашения; единица силы определяется исходя из уравнения, выражающего связь между силой, массой и ускорением: $\vec{F} = m\vec{a}$.

Здесь уместно систематизировать знания о способах измерения массы и силы, обратив особое внимание на способы, с которыми учащиеся впервые познакомились при изучении законов динамики Ньютона.

Анализ знаний учащихся VIII классов показывает, что они хорошо помнят определение массы с помощью рычажных весов и измерение силы с помощью пружинного динамометра, но плохо усваивают и запоминают косвенные методы измерения этих величин (изме-

рение массы на основе использования соотношения $m_T = \frac{|\vec{a}_{эт}|}{|\vec{a}_T|} m_{эт}$ и измерение силы на основе использования формулы $\vec{F} = m\vec{a}$, выражающей второй закон динамики Ньютона).

На заключительном занятии по теме представляется благоприятная возможность повторить все известные учащимся способы измерения массы и силы; выяснить, в каких случаях, какие из способов пригодны. Учащиеся приходят к выводу, что прямой способ измерения массы с помощью рычажных весов прост, удобен, но он

не пригоден в состоянии невесомости. В таких случаях возможно воспользоваться косвенными методами, основанными на знании формул.

Динамический способ измерения массы требует определения ускорений взаимодействующих тел (тела, масса m_t которого измеряется, и тела, с которым данное тело взаимодействует).

Динамический способ измерения силы также требует определения ускорения, приобретаемого телом при действии на него измеряемой силы \vec{F} . Достоинством этих способов является то, что они могут использоваться в условиях невесомости.

Рассматривая способ измерения силы, основанный на использовании формулы $\vec{F} = m\vec{a}$, следует подчеркнуть, что сила \vec{F} характеризует действие на данное тело другого, взаимодействующего с ним тела.

При повторении законов движения следует особое внимание обратить на опытное их обоснование и способы их использования на практике.

В заключение целесообразно предложить учащимся 1—2 экспериментальные задачи на второй и третий законы Ньютона, продемонстрировать опыты, объясняемые законом инерции.

Одному из учащихся можно поручить подготовить доклад о жизни и деятельности Ньютона. Для подготовки доклада можно рекомендовать книгу «Исаак Ньютон» [40] и пособия по истории физики П. С. Кудрявцева [41; 42]. Конспективное изложение сведений о жизни и деятельности Ньютона для учащихся приведено в книге [45].

Исаак Ньютон родился в 1643 г (почти через год после смерти Галилея), жил и работал в условиях, более благоприятных для науки, чем те, которые сложились в Италии во времена Галилея. В Англии все больший вес приобретала буржуазия, нуждавшаяся в науках как важнейшем условии успешного развития производства, мореплавания, укрепления военного могущества государства. Время неумолимо подтачивало каноны религиозного миропонимания. Зарождался английский материализм, истинным родоначальником которого, по выражению К. Маркса, был Френсис Бэкон (1566—1626), который, как и Галилей, по праву считается одним из основателей опытных наук.

О детских годах жизни Ньютона следует сказать, что он был в числе первых учеников школы и увлекался постройкой различных механических моделей. «Так он построил модель ветряной мельницы, приводившейся в движение ветром, а в безветренную погоду — мышью, которая бегала в колесе за подвешенною перед ней приманкой; водяные часы, в которые он сам наливал ежедневно воду и которыми пользовались все живущие в доме; солнечные часы, механическую повозку и др. В 1658 г., 15-летним мальчиком он ставит первый физический опыт, пытаясь измерить скорость ветра по разнице в длине прыжка по ветру и против ветра» [45, с. 59]. В школе Ньютон основательно изучил латинский, греческий и древнееврейский языки.

Поступив в 1660 г. в Тринити-колледж Кембриджского университета никому неизвестным неимущим студентом, И. Ньютон через 9 лет становится крупным ученым, заведующим кафедрой. Первые исследования Ньютона были посвящены оптике.

В 1687 г. был опубликован его главный бессмертный научный труд «Математические начала натуральной философии». В нем были сформулированы основные понятия и законы механики, в том числе известные учащимся три закона движения и закон всемирного тяготения, который будет изучен в последующей теме программы VIII класса. Ньютоном была разработана теория движения планет.

Одновременно с Лейбницем и независимо от него Ньютон создал дифференциальное и интегральное исчисления, сыгравшие важнейшую роль в развитии математических методов исследования в естествознании.

Умер Ньютон в 1727 г. в возрасте восьмидесяти четырех лет в ореоле заслуженной научной славы. «Его похоронили с большими почестями в Вестминстерском аббатстве — английском национальном пантеоне. Надпись на памятнике над его могилой заканчивается словами: «Пусть смертные радуются, что существовало такое украшение человеческого рода»¹.

Г Л А В А 19

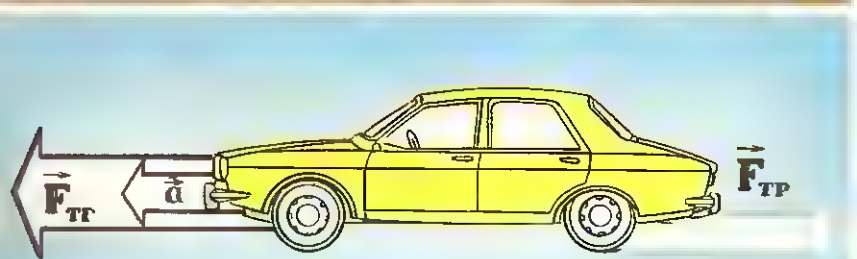
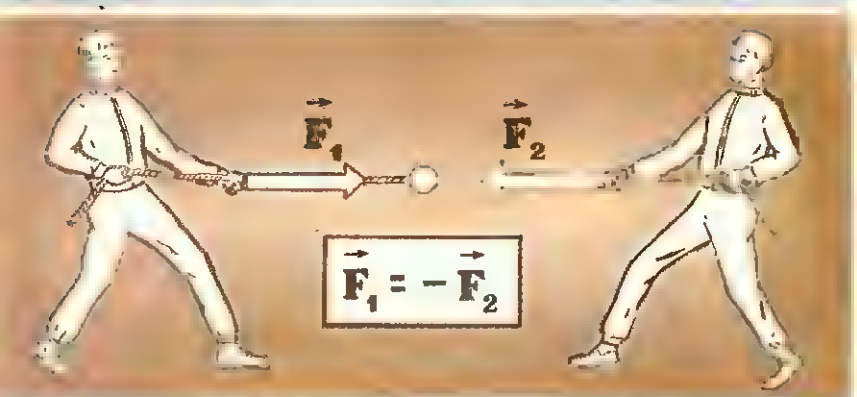
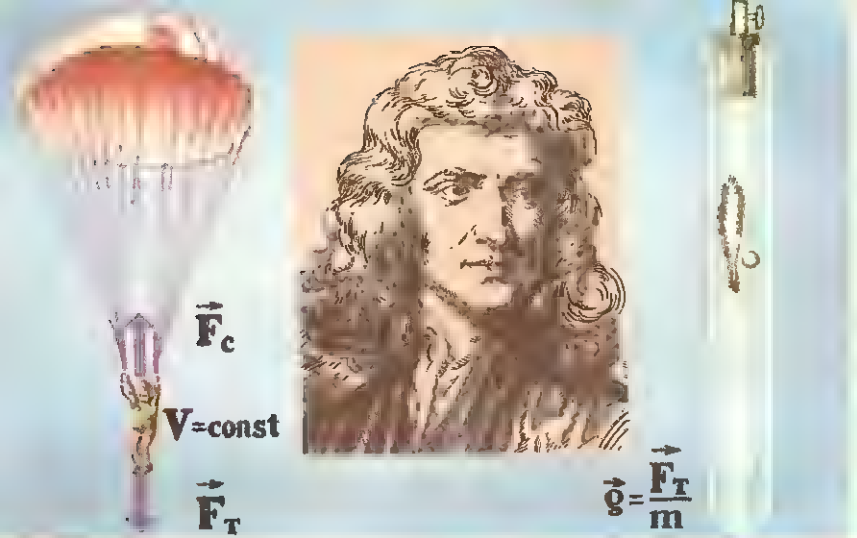
СИЛЫ В ПРИРОДЕ

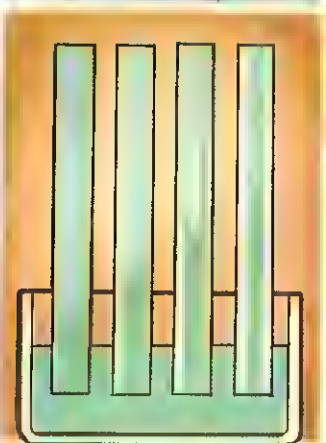
Современная физика знает четыре типа сил, или взаимодействий, материальных объектов: гравитационные, электромагнитные, сильные и слабые. В VIII классе учащиеся знакомятся только с гравитационными силами и некоторыми проявлениями электромагнитных сил на примере сил упругости и сил трения. Порядок изучения разделов темы может быть различным.

В стабильном учебнике по физике для VIII класса [4] сначала в общем виде излагается материал об электромагнитных силах, затем — о силах упругости, силе всемирного тяготения и, наконец, о силах трения. Однако, по нашему мнению, изучение электромагнитных сил логичнее все же не разрывать и дать их в одном месте. При этом примерное планирование темы может быть таким:

- 1-й у р о к. Электромагнитные силы. Деформация. Сила упругости.
- 2-й и 3-й у р о к и. Сила трения. Трение покоя и трение скольжения. Лабораторная работа «Определение коэффициента трения скольжения».
- 4-й у р о к. Сила сопротивления, возникающая при движении тела в жидкости и газе.
- 5-й и 6-й у р о к и. Сила всемирного тяготения. История открытия закона всемирного тяготения Ньютоном. Решение задач.
- 7-й у р о к. Сила тяготения. Сила тяжести. Вес.
- 8-й у р о к. Повторение и обобщение материала. Самостоятельная работа.

¹ Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Исаак Ньютон. М., 1963, с. 70.





1. Электромагнитные силы

Во вводной беседе к данной теме следует кратко напомнить учащимся об известных им из жизни, а также из курсов физики и химии силах: мускульной силе, силе тяжести, силе упругости, силе трения, магнитных силах. Действие каждой из этих сил в известных учащимся случаях может приводить к изменению движения тел.

Далее учащимся говорят, что все указанное многообразие сил сводится к двум основным силам природы: силам всемирного тяготения (или гравитационным) и силам электромагнитным. Гравитационные силы действуют между любыми телами, что будет подробно рассмотрено позднее, а электромагнитные силы действуют между телами, имеющими электрический заряд.

Здесь полезно с помощью опытов восстановить в памяти восьмиклассников сведения о притяжении и отталкивании наэлектризованных тел [48, ч. 2, опыт 1], а также о притяжении и отталкивании постоянных магнитов. Можно также повторить без подробных объяснений и опыт, показывающий взаимодействие двух параллельных токов [48, ч. 2, опыт 28]. В этих опытах взаимодействие тел объясняется электромагнитными силами, возникающими между покоящимися или движущимися электрическими зарядами. Следует также кратко напомнить учащимся об известных им из курсов физики и химии взаимодействиях электрических зарядов атомов и молекул, от которых зависят физические и химические свойства тел.

2. Силы упругости

Задача данного раздела — расширить и углубить уже имеющиеся у учащихся первоначальные сведения о силах упругости и их природе, обусловленной взаимодействием электрических зарядов, атомов и молекул.

Наглядной моделью взаимодействия молекул в теле может служить взаимодействие сильных магнитов, «висящих» в воздухе (рис. 19.1). При сближении магнитов начинает преобладать сила отталкивания, а при удалении — сила притяжения. (В данном случае это результирующая силы тяжести и силы отталкивания магнитов, которая быстро убывает с расстоянием.) Используя эту выразительную демонстрацию, следует, однако, предупредить учащихся о том, что при взаимодействии атомов в теле главная роль принадлежит электрическим, а не магнитным силам.

Полезно также изготовить и показать механическую модель (рис. 19.2), состоящую из шариков, взаимодействующих между собой с помощью стальных пружин-

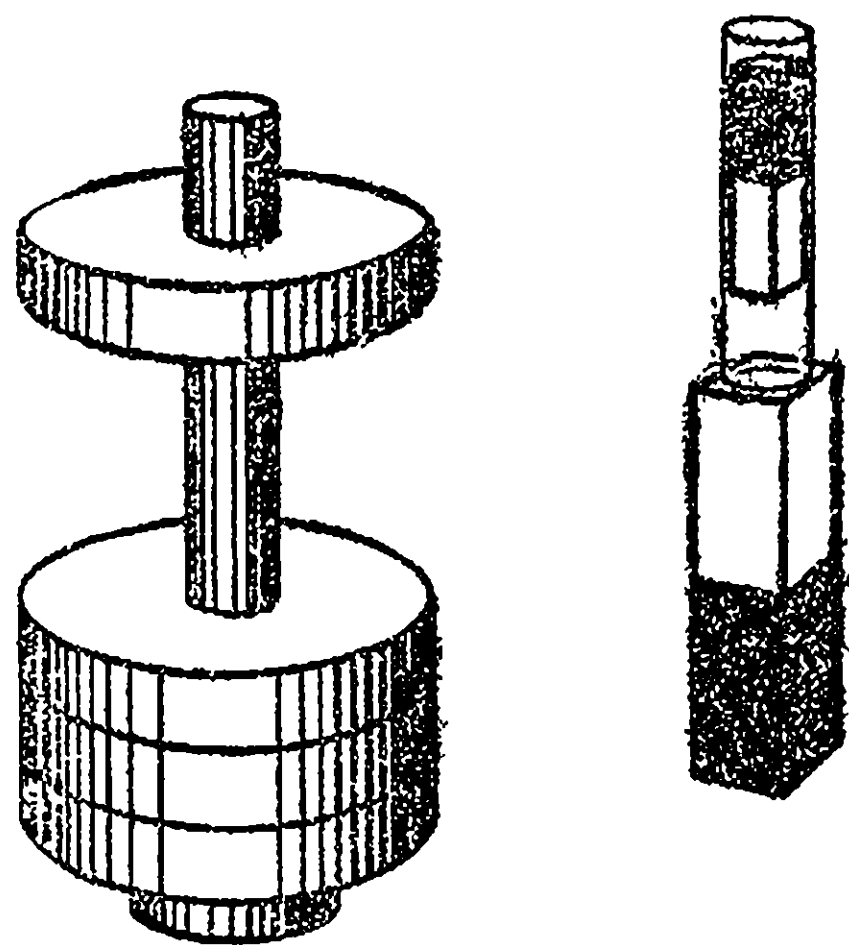


Рис. 19.1

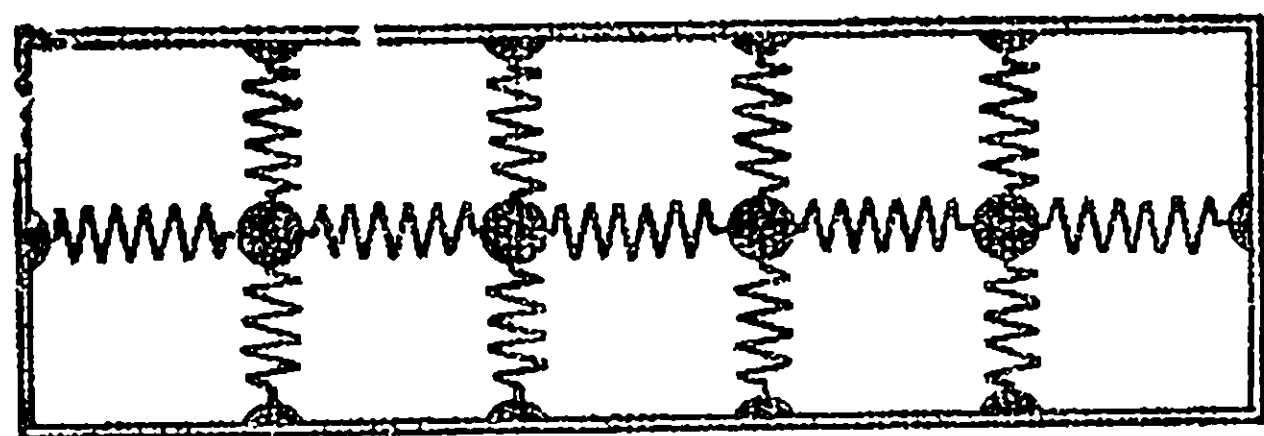


Рис. 19.2

нок¹. Разумеется, и данная механическая аналогия не должна восприниматься учащимися как абсолютное подобие взаимодействия молекул. В политехнических целях (в ознакомительном плане) полезно, опираясь на демонстрации, кратко расска-

зать и о других видах деформаций — сдвиге, изгибе и кручении. Смещение слоев тела при каждом типе деформаций удобно показать с помощью упрощенных моделей (рис. 19.3). При деформации растяжения (рис. 19.3, а и г) слои тела удаляются один от другого, а при сжатии (рис. 19.3, д) — сближаются. В этих случаях внешняя сила перпендикулярна поверхности тела. При деформации сдвига (рис. 19.3, е) слои тела сдвигаются относительно друг друга под действием силы, касательной к поверхности.

Следовательно, причиной деформации является перемещение частей тел под действием внешних для них сил. В свою очередь перемещение частей тела друг относительно друга служит причиной возникновения внутренних сил упругости, обусловленных взаимодействием атомов и молекул.

Для учителя заметим, что все типы достаточно малых деформаций могут быть сведены к деформациям растяжения или сжатия и сдвига. Как можно представить по рисунку 19.3, б и ж, деформация из-

¹ В X классе этот прибор может быть использован для показа распространения волн в твердом теле.

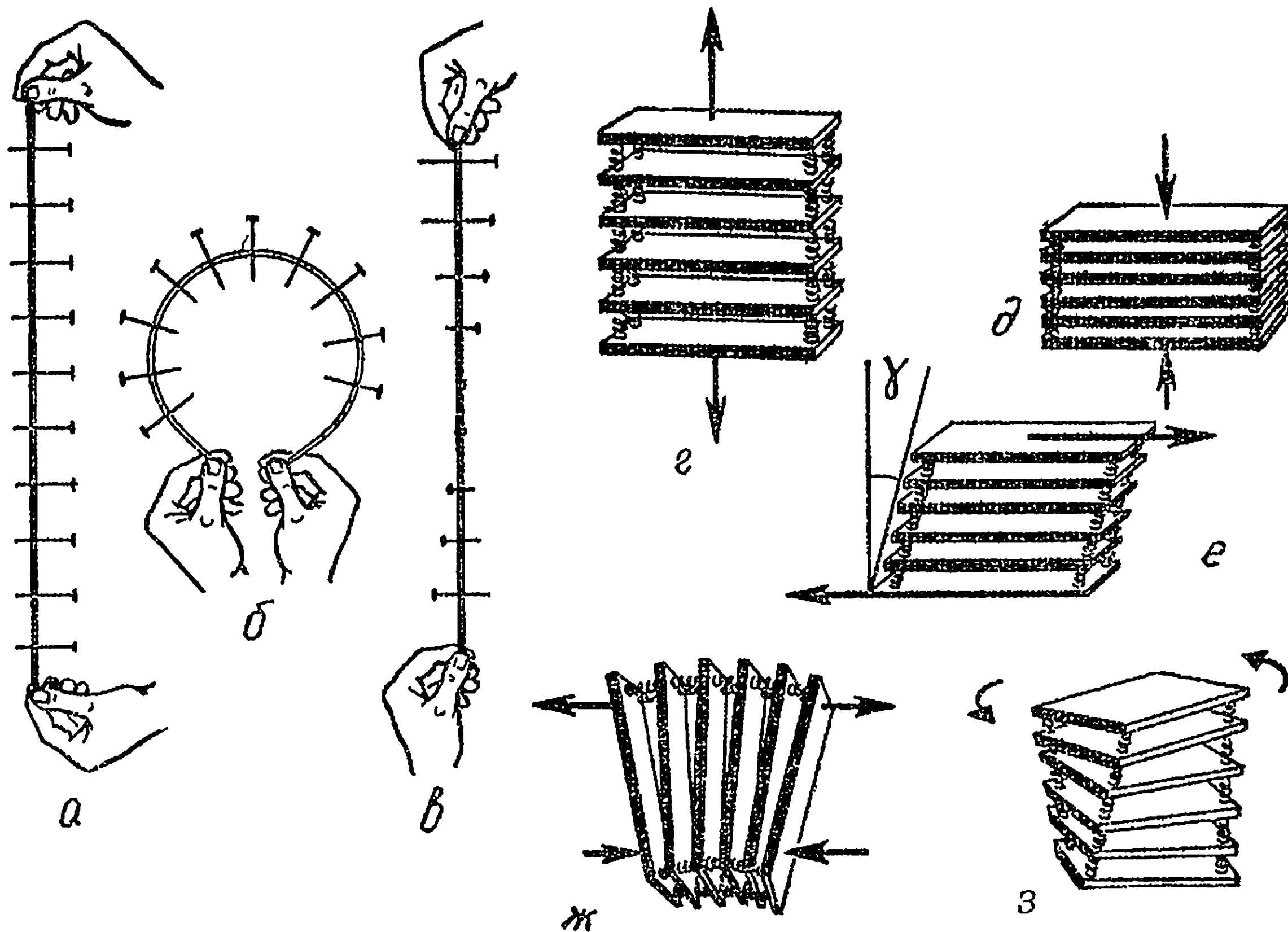


Рис. 19.3

гиба сводится к деформациям неоднородного сжатия и растяжения, а деформация кручения (рис. 19.3, в и з) — к деформации неоднородного сдвига. В общем случае внешняя сила может быть ориентирована различным образом по отношению к поверхности тела. Но при установившейся деформации она всегда уравнивается силой упругости, которая должна, следовательно, иметь нормальную и касательную составляющие. Поскольку же в VIII классе обязательно изучение только деформаций растяжения и сжатия, то для этих случаев утверждается, что сила упругости направлена перпендикулярно поверхности соприкосновения взаимодействующих тел. Подчеркивается также, что при взаимодействии деформируются оба соприкасающихся тела.

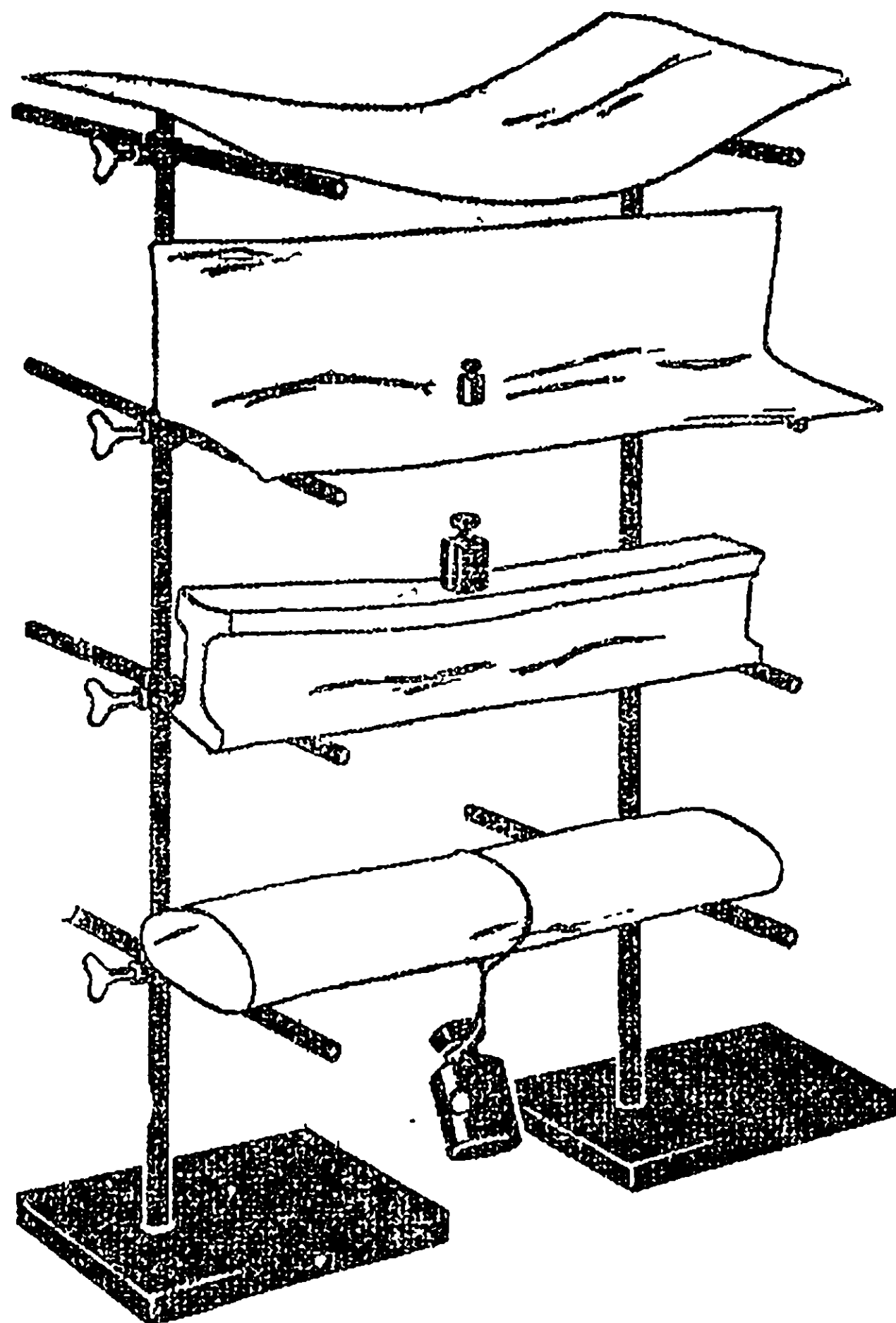


Рис. 19.4

Учащимся известно, что для малых деформаций растяжения и сжатия справедлив закон Гука: $F = -kx$.

Понятно, что и для других типов деформаций упругие силы должны быть тем больше, чем больше смещение друг относительно друга слоев (атомов и молекул) тел. (Для деформации сдвига, например, сила F пропорциональна углу сдвига γ .) Этим широко пользуются в технике, придавая деталям машин и сооружений форму, при которой могут возникать значительные силы упругости, противодействующие внешним нагрузкам. Эту мысль полезно пояснить с помощью демонстрации, показывающей влияние формы тела на сопротивление изгибу (рис. 19.4). Один и тот же лист бумаги в зависимости от формы (уголок, двутавровая балка или труба) способен выдерживать различную нагрузку. Соответствующие примеры из техники могут привести сами учащиеся.

3. Силы трения

Силы трения, как и силы упругости, имеют электромагнитную природу и обуславливаются взаимодействием электрических зарядов атомов и молекул. В VIII классе вначале изучают, точнее повторяют и несколько углубляют с общих позиций механики, известные учащимся из курса физики VI класса сведения о силах су-

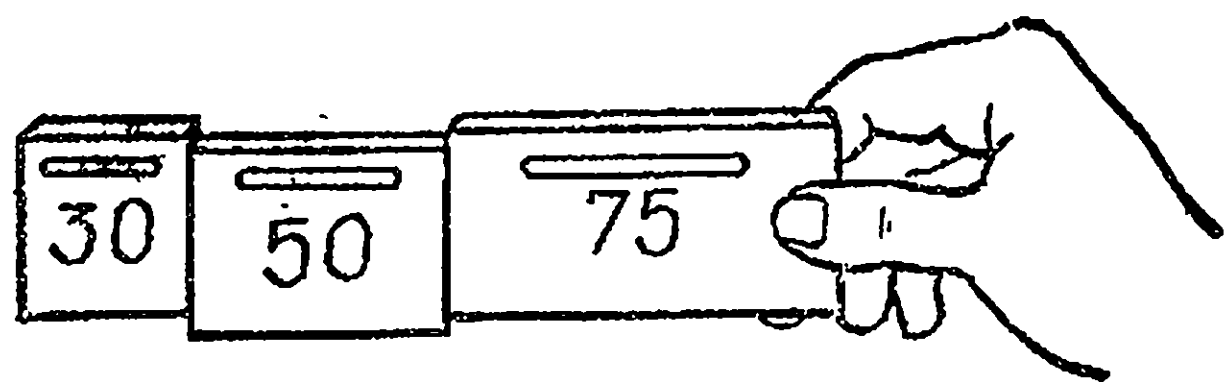


Рис. 19.5

хого трения, а затем описательно рассматривают силы сопротивления, возникающие при движении тела в жидкости и газе.

Учащимся хорошо известно, что сила трения обуславливается

шероховатостью трущихся поверхностей, и обычно менее известно, что она может возрасти с повышением качества их обработки из-за сил молекулярного притяжения. Последнее желательно показать на опыте, например, с помощью мерительных плиток (рис. 19.5). Обращают также внимание на износ при трении соприкасающихся поверхностей и делают вывод, что главное отличие сил трения от сил упругости состоит в разрыве молекулярных связей между частицами трущихся тел.

После этого основные закономерности сухого трения можно изучить с помощью лабораторной работы, которую целесообразно поставить перед предусмотренной программой и описанной в учебнике в двух вариантах лабораторной работой «Определение коэффициента трения скольжения» или же включить в один из ее вариантов как составную часть.

Эта часть урока может быть построена в виде самостоятельных занятий учащихся с учебником [4], сопровождаемых лабораторным экспериментом. Сначала ученики изучают материал § 40 и 41 (до сведений о коэффициенте трения), а затем основные положения этих параграфов проверяют на опыте. При этом полезно с помощью учащихся сформулировать и записать на доске следующие основные вопросы и задачи эксперимента:

1. В каких пределах изменяется сила трения покоя?

2. Какая существует зависимость между максимальной силой трения покоя, силой трения скольжения и силой давления?

Как дополнительные могут быть предложены такие вопросы:

1. Зависит ли сила трения скольжения от площади трущихся поверхностей?

2. Зависит ли сила трения от рода материалов?

3. Как можно уменьшить силу трения?

В качестве способов уменьшения трения учащиеся должны предложить:

1) использование менее шероховатых поверхностей (движение бруска по наждачной бумаге и по стеклу);

2) замену трения скольжения трением качения (движение бруска по каткам, например круглым карандашам);

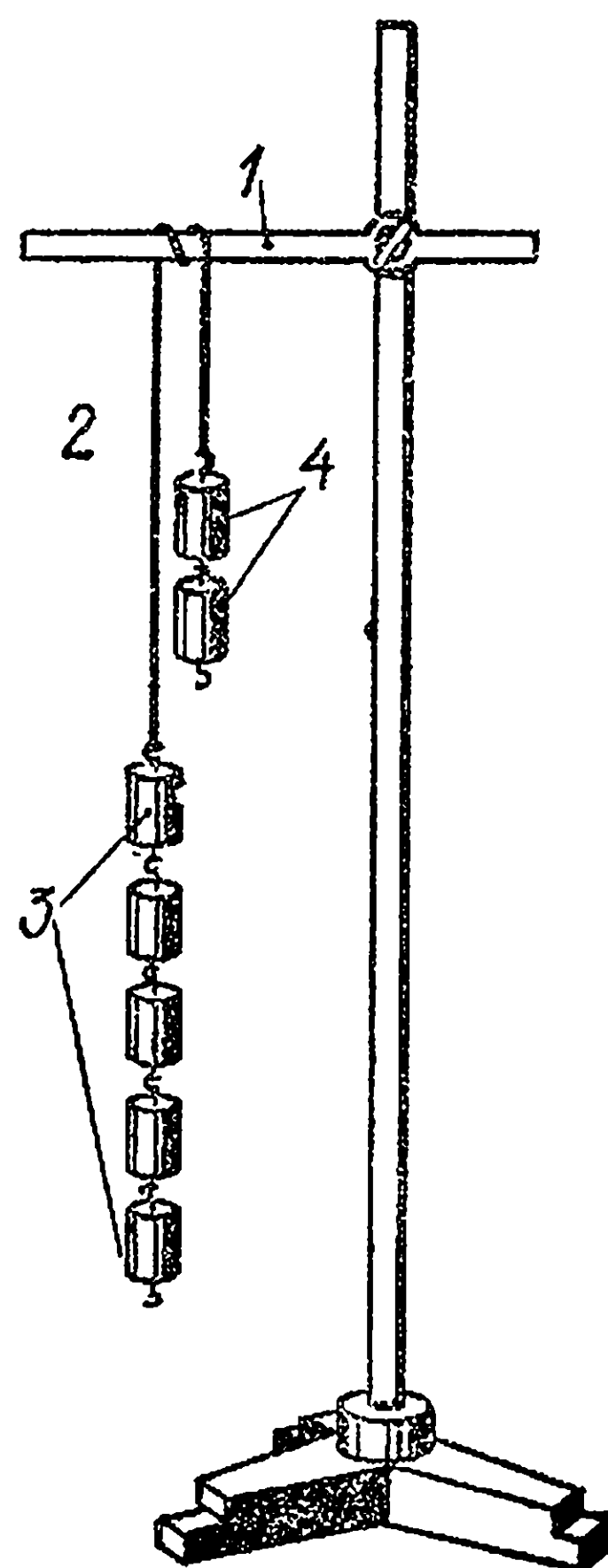


Рис. 19.6

3) применение смазки.

Роль смазки легко, в частности, показать на следующем опыте (рис. 19.6). Вокруг стержня 1 обвивают шнур 2, на концы которого подвешивают различное, но такое количество грузов, чтобы они уравнивались благодаря силе трения. Капнув на стержень маслом, обнаруживают, что грузы 3 перетягивают меньшие по весу грузы 4.

Для выяснения влияния на силу трения рода трущихся материалов учащимся может быть подсказан следующий эксперимент. В опыте (см. рис. 19.6) последовательно используют железный, латунный и медный цилиндры, например, из набора тел по калориметрии, резиновую пробку того же диаметра и т. п. и устанавливают, что сила трения между медной проволокой и цилиндрами зависит от их материалов. Особенно она велика для резины. На этом примере затем полезно пояснить роль в технике фрикционных (текстолит, асботекстолит, резина) и антифрикционных (баббит, некоторые полимеры) материалов. Асботекстолит применяется, например, в тормозных устройствах, а баббит и полимеры в подшипниках.

4. Сопротивление движению тел в жидкости и газе

При движении тела в жидкости и газе на него действуют силы жидкого или вязкого трения, обусловленные силами молекулярного сцепления, а также взаимным обменом импульсами при переходе молекул из одного слоя жидкости или газа в другой, имеющий иную скорость. Последний фактор имеет особенно большое значение для внутреннего трения в газах. Кроме того, на тела, движущиеся в жидкости и газе, действует сила, обусловленная разностью давлений перед телом и позади него.

Обе указанные причины рассматриваются в самом общем виде на основе демонстраций или экспериментальных задач, например такой:

В какую сторону будут вращаться поплавки 1 в сосуде с водой (рис. 19.7, а) и диск 2 (рис. 19.7, б), если столик 3 начнет вращаться в направлении, указанном стрелкой? Объяснить это явление.

Сопротивление движению тел, вызванное аэродинамическими силами, можно пояснить на примере действия ветра на паруса и потока воды на человека, идущего в реке против течения. На опытах нетрудно также показать зависимость этой силы от формы тела, площади поперечного сечения и скорости относительного движения. Для этого тела различной формы и площади поперечного сечения, укрепленные на аэродинамических весах, помещают в поток воздуха аэродинамической трубы пылесоса или вентилятора [48, ч. 1, опыт 111]. При этом наглядно также обнаруживается зависимость

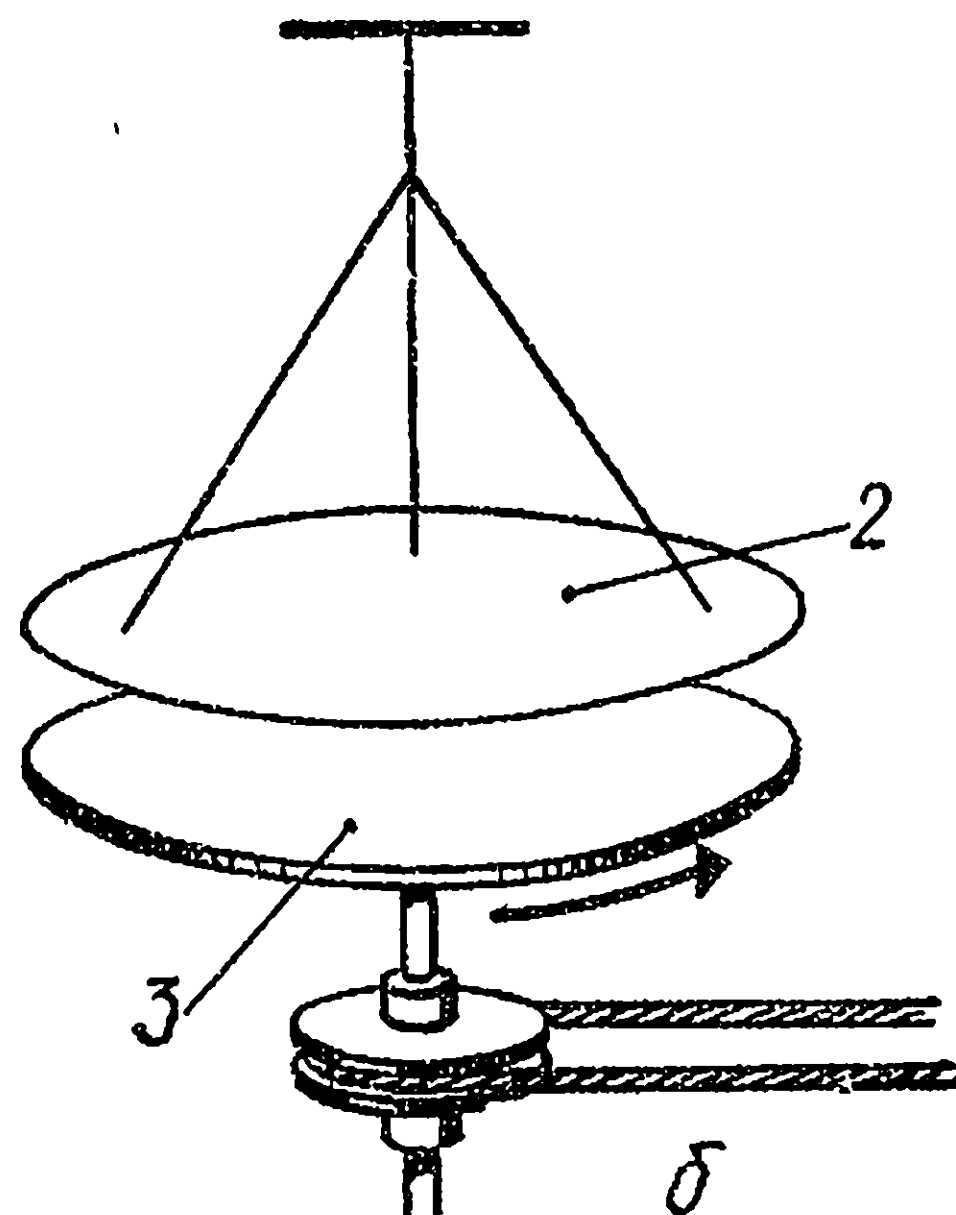
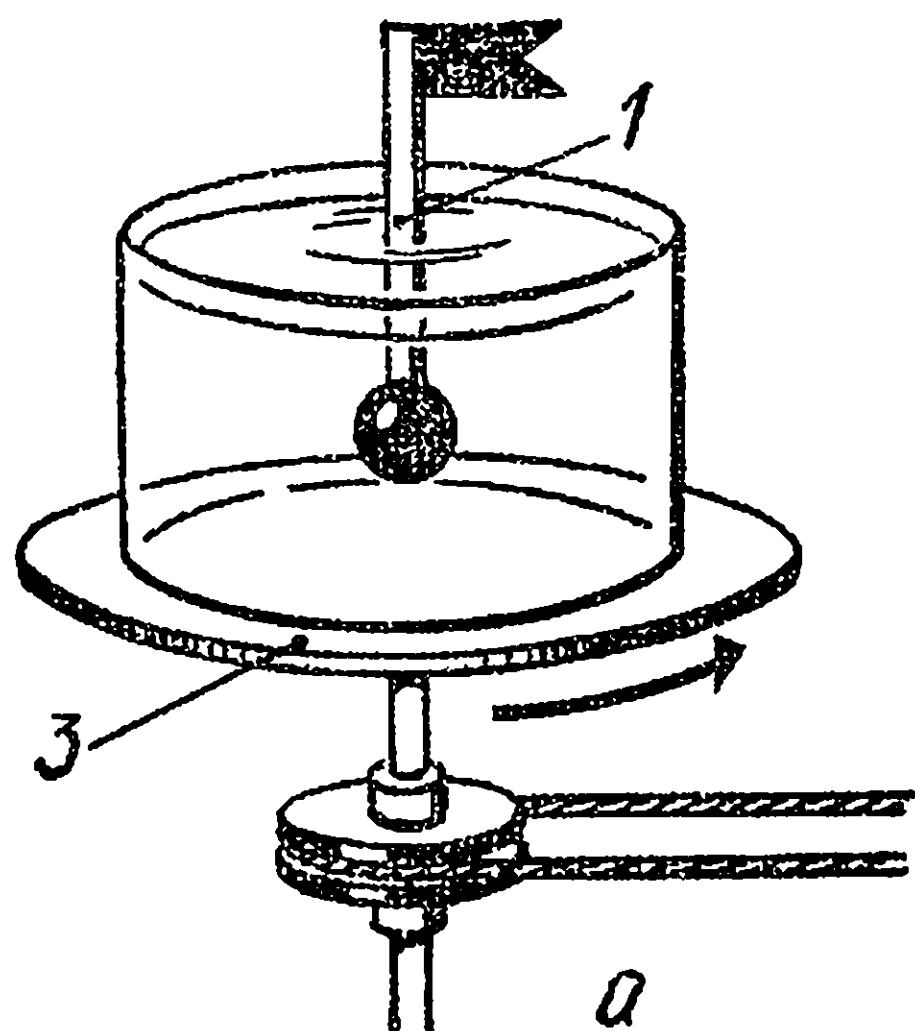


Рис. 19.7

силы сопротивления от относительной скорости движения тела и воздуха.

На основе опытов поясняют значение обтекаемой формы для быстро движущихся тел: автомобилей, судов, торпед, ракет и т. д., а также животных: рыб, дельфинов, птиц и т. д.

Наконец, обращают внимание на отличие жидкого трения от сухого, которое заключается в том, что жидкое трение (в соответствии с формулой $F = -rv$) может быть сколь угодно малым и равным нулю. Из этого следует, что при жидком трении тело может прийти в движение под действием сколь угодно малой силы. Например, даже едва заметный ветерок с течением времени способен переместить огромный айсберг или облака.

5. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения

Идею существования в природе сил взаимного притяжения между телами в самом общем виде высказывали еще древнегреческие ученые (Анаксагор, Демокрит и др.), а затем разделяли многие ученые эпохи Возрождения. Эта идея подсказывалась фактами притяжения тел Землей, а также взаимодействием магнитов и наэлектризованных тел. Однако по-настоящему она стала занимать умы ученых только в XVI—XVII вв. в связи с утверждением гелиоцентрической системы мира, которая требовала создания «небесной механики». Ко времени открытия Ньютоном закона всемирного тяготения его идеи уже витали в воздухе.

О взаимном притяжении между любыми телами писал еще в 1609 г. выдающийся австрийский ученый И о г а н К е п л е р (1571 — 1630) и в 1644 г. — французский ученый Роберваль. В 1666 г. итальянский ученый Борелли качественно объяснил на ос-

нове явления инерции и центростремительной силы (тяготения) динамическое равновесие планет, вращающихся вокруг Солнца. В 1645 г. французский астроном Буллиальд и в 1680 г. Гук (в письме к Ньютону) высказывали мысль об обратной пропорциональности силы тяготения квадрату расстояния между телами.

Однако все эти предположения оставались только догадками. Открыть закон тяготения оказалось под силу только Ньютону, имевшему уже стройное здание динамики и созданные им мощные математические методы — дифференциальное и интегральное исчисления.

Сам Ньютон об истории открытия закона всемирного тяготения писал в своих воспоминаниях следующее: «В том же году¹ я начал думать о тяготении, простирающемся до орбиты Луны, и нашел, как оценить силу, с которой шар, вращающийся внутри сферы, давит на поверхность этой сферы. Из правила Кеплера о том, что периоды планет находятся в полуторной пропорции к расстоянию от центров их орбит, я вывел, что силы, удерживающие планеты на их орбитах, должны быть в обратном отношении квадратов их расстояний от центров, вокруг коих они вращаются. Отсюда я сравнил силу, требующуюся для удержания Луны на ее орбите, с силой тяжести на поверхности Земли и нашел, что они почти отвечают друг другу»².

В такой последовательности, указанной самим Ньютоном, с использованием законов Кеплера часто и излагаются история и методы открытия закона всемирного тяготения. При этом нельзя не согласиться с тем, что «атмосфера научного поиска, окружавшая великих первооткрывателей науки, может сделать изучение механики живым и волнующим» [14, с. 274]. Вместе с тем изучение законов Кеплера усложняет и без того нелегкий материал курса механики VIII класса. Поэтому в стабильном [4] и пробных [3;9] учебниках физики для VIII класса законы Кеплера не изучаются³ и формула закона всемирного тяготения получается только на основе рассмотрения притяжения тел Землей.

Наряду с предложенным в учебнике [4] и обстоятельно разобранным Л. И. Резниковым в методической литературе [57, гл. VI] возможен также следующий несколько видоизмененный план изложения данного материала:

1. Из известной учащимся формулы $\vec{F}_T = m\vec{g}$ следует, что сила тяжести Земли $|\vec{F}_T| \sim m$.

2. Но по третьему закону Ньютона и тело массой m также должно притягивать Землю с равной по модулю силой $|\vec{F}_T| = M_3 |\vec{a}|$. Следовательно, $|\vec{F}_T| \sim M_3$.

¹ Речь идет о 1666 г.

² Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Исаак Ньютон. М., 1963, с. 128.

³ Законы Кеплера рассматриваются в курсе астрономии в X классе.

3. Но если какая-либо величина пропорциональна двум другим величинам, то она пропорциональна их произведению. Поэтому $|\vec{F}_T| \sim M_3 m$.

4. Далее по аналогии с другими типами сил притяжения — магнитными и электрическими — можно предположить, что сила тяжести должна убывать с удалением тела от Земли.

Этот факт действительно нетрудно установить, например, с помощью часов с тяжелым маятником. На горе высотой 5 км часы за сутки отстанут более чем на минуту. (Наоборот, если искусственно увеличить силу, действующую на железный маятник, например подложив под него магнит, то он станет колебаться быстрее и часы будут спешить.)

Можно, конечно, просто измеряя время падения шарика на горе и у ее подошвы, обнаружить, что сила тяжести несколько убывает с высотой. Однако установить законы изменения силы тяжести с расстоянием таким образом очень трудно. Поэтому целесообразно прибегнуть к уже известному учащимся способу сравнения сил по ускорениям, которые они сообщают телам при их вращательном движении. Идею исследования можно изложить словами самого И. Ньютона, который говорил, что если бы около Земли обращалось несколько лун и «если бы наинизшая из этих лун была малой и почти что касалась бы вершины высочайших гор, то центростремительная сила, которою она удерживалась бы на своей орбите... равнялась бы приблизительно силе тяжести на вершинах этих гор; если бы этот «спутничек» лишиться бы поступательного движения по орбите, то... он... стал бы падать на Землю и притом с такой же скоростью, с какой на вершинах этих гор падают тяжелые тела, ибо в обоих случаях действующие силы равны»¹. Итак, у поверхности или почти у поверхности Земли на спутник, так же как и на все тела, действует известная нам сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$.

5. Остается исследовать, как она действует на спутники, которые удалены на большие расстояния от Земли. Сейчас для этих целей в нашем распоряжении есть искусственные спутники Земли. Во времена Ньютона был единственный естественный спутник — Луна.

Как было уже вычислено при решении соответствующей задачи по кинематике, центростремительное ускорение Луны при ее движении по орбите в 3600 раз меньше, чем ускорение тела у поверхности Земли. Во столько же раз больше и сила тяжести, действующая на тела равных масс. Это объясняется тем, что Луна дальше от центра Земли, чем тело на ее поверхности, в 60 раз. Следовательно, $|\vec{F}_T| \sim \frac{1}{R^2}$; $|\vec{F}_T| \sim \frac{M_3 m}{R^2}$, или $|\vec{F}_T| = G \frac{M_3 m}{R^2}$, где G — коэффициент пропорциональности (гравитационная постоянная).

¹ Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Исаак Ньютон. М., 1963, с. 127.

Обращают внимание на то, что данная формула позволяет находить силу взаимодействия только между материальными точками и телами сферической формы. Тела произвольной формы предварительно нужно мысленно разбить на такие части, которые можно считать материальными точками, и затем геометрически сложить действующие на них силы. Следует сообщить также, что закон верен для взаимодействия любых материальных точек во Вселенной и поэтому называется **з а к о н о м** **в с е м и р н о г о** **т я г о т е н и я**. После этого учащимся рассказывают об экспериментальных способах проверки закона всемирного тяготения и определении гравитационной постоянной (обычно на примере классического опыта, выполненного в 1798 г. английским ученым Г. К а в е н д и ш е м (1731—1810) с помощью крутильных весов [9, § 48; 16, § 124]). Но можно ознакомить учащихся и с другими более поздними опытами (Жолли — 1881 г. и Рихарца — 1898 г.) [4; 57]. Крайне желательны также постановка демонстрации¹ и решение соответствующей ей задачи, которая покажет незначительность сил, действующих между окружающими человека телами [51, № 357].

Решая соответствующие задачи, учащиеся узнают, как можно сравнительно несложными расчетами найти массу Земли, Солнца и планет [4, § 39; 51, № 358]. Следует также дать наглядное представление о колоссальности сил гравитации, действующих между телами космического масштаба. В этой связи полезно, например, предложить учащимся проверить расчетами, что действительно сила притяжения Земли Солнцем сравнима с силой упругости стального каната, сечение которого примерно равно половине сечения земного шара [86].

Поучительно оценить приближенно силу, действующую на Землю со стороны одной из ближайших звезд, приняв ее массу равной массе Солнца, а расстояние — в 5 световых лет:

$$|\vec{F}| = G \frac{M_{зв} M_{з}}{R^2} \approx 7 \cdot 10^{-11} \frac{\text{м}^3}{\text{кг} \cdot \text{с}^2} \cdot \frac{2 \cdot 10^{30} \text{ кг} \cdot 6 \cdot 10^{24} \text{ кг}}{\left(5 \cdot 3 \cdot 10^7 \text{ с} \cdot 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2} \approx \\ \approx 4 \cdot 10^{12} \text{ Н.}$$

Это огромная сила, примерно равная весу тела массой 400 млн. т.

Учащимся, проявляющим повышенный интерес к физике, может быть также дана следующая задача:

Орбиты движения планет вокруг Солнца близки к окружностям. Кеплер установил, что для всех планет справедливо соотношение $\frac{T^2}{R^3} = \text{const}$, где T — время обращения планеты вокруг Солнца, R — радиус ее орбиты. Доказать, что на планету должна действовать сила, модуль которой определяется законом $|\vec{F}| \sim \frac{M_s m_{пл}}{R^2}$.

¹ См: К о с т ю к е в и ч Д. Я., М и р г о р о д с к и й Б. Ю. Гравитационные крутильные весы.— Физика в школе, 1976, № 4, с. 66.

Р е ш е н и е. По второму закону Ньютона Солнце действует на планету массой $m_{\text{пл}}$ с силой $\vec{F}_{\text{пл}} = m_{\text{пл}} \vec{a}_{\text{пл}}$. В то же время по третьему закону Ньютона планета с такой же по модулю силой действует на Солнце: $|\vec{F}_{\text{пл}}| = M_{\text{с}} |\vec{a}_{\text{с}}|$. Следовательно, $|\vec{F}_{\text{пл}}| \sim M_{\text{с}} m_{\text{пл}}$. Центро-стремительное ускорение $|\vec{a}_{\text{пл}}| = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$. По закону Кеплера $T^2 = R^3 C$. Следовательно, $|\vec{a}_{\text{пл}}| = \frac{4\pi^2}{CR^2}$ и $|\vec{F}| \sim \frac{4\pi^2}{C} \frac{M_{\text{с}} m_{\text{пл}}}{R^2} = G \frac{M_{\text{с}} m_{\text{пл}}}{R^2}$, где G — некоторая постоянная величина.

6. Сила тяготения. Сила тяжести. Вес

В прошлом в учебной литературе четкого разграничения между указанными понятиями не делалось, и поэтому учащиеся эти термины считали синонимами. В современной методике понятие силы тяжести и веса разграничивают. Силой тяжести называют силу, с которой тело притягивается к Земле [10, с. 46], а «силу, с которой тело вследствие его притяжения к Земле действует на опору или подвес, называют весом тела» [4, с. 113].

Вес — это сила, приложенная к опоре или подвесу, а сила тяжести приложена к телу.

Согласно методике изложения материала, принятой в учебнике [4], сила тяжести $\vec{F}_{\text{т}}$ отождествляется с гравитационной силой и потому находится по формулам

$$|\vec{F}_{\text{г}}| = G \frac{M_{\text{з}} m}{R^2}; \quad |\vec{F}_{\text{т}}| = m|\vec{g}|.$$

Следовательно,

$$|\vec{g}| = G \frac{M_{\text{з}}}{R^2}.$$

Для учителя (при изучении темы «Применение законов Ньютона» это следует довести до сведения учащихся) заметим, что полное отождествление гравитационной силы $|\vec{F}_{\text{г}}| = G \frac{M_{\text{з}} m}{R^2}$ и силы тяжести $|\vec{F}_{\text{т}}| = m|\vec{g}|$ неправомерно, так как последняя формула справедлива только в инерциальных системах отсчета, к которым вследствие своего вращения Земля не относится.

Различие сил $\vec{F}_{\text{г}}$ и $\vec{F}_{\text{т}}$ наглядно обнаруживается, если проследить за их изменением при перемещении тела от полюса к экватору. Обе силы по модулю уменьшаются, но $\vec{F}_{\text{г}}$ незначительно (из-за увеличения радиуса), а $\vec{F}_{\text{т}} = m\vec{g}$ много заметнее главным образом за счет изменения ускорения \vec{g} при вращении Земли. Только на полю-

сах можно считать, что $|\vec{g}| = G \frac{M_3}{R^2} = \text{const} \approx 9,83 \text{ м/с}^2$. На широте 45° $|\vec{g}|$ уже равно $\sim 9,81 \text{ м/с}^2$, а на экваторе — $9,78 \text{ м/с}^2$. Кроме того, различно направление сил \vec{F}_r и \vec{F}_t . Сила \vec{F}_r всегда направлена по радиусу к центру Земли, а \vec{F}_t всюду, кроме полюсов и экватора, отклоняется от направления радиуса.

Из сказанного следует, что силы \vec{F}_r и \vec{F}_t , вообще говоря, не тождественные величины и только в первом приближении ввиду относительно небольшой разницы их направлений и модулей можно пользоваться одним термином «сила тяжести».

По теме желателен показ кинофильмов «Встреча на Марсе», «Лунная трасса».

В заключение нужно провести самостоятельную или контрольную работу по решению задач [51, № 357, 361, 362; 28, задание II].

Г Л А В А 20

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНОВ ДВИЖЕНИЯ НЬЮТОНА

Назначение данного раздела программы, имеющего ярко выраженную политехническую направленность, — расширить и углубить знания учащихся о законах движения и силах в природе, дать им практически применимые навыки и умения. Данный раздел позволяет также на новом уровне повторить основные разделы кинематики. В этих целях более обстоятельно, чем в предыдущих разделах, рассматриваются различные важные с практической, а также и мировоззренческой точек зрения случаи движения тел под действием сил упругости, трения и особенно силы тяжести. Нередко изучение данного раздела сводят только к решению задач. Это является методической ошибкой. На уроках по данной теме должны быть в полную меру использованы все методы обучения, в том числе рассказы и беседы об успехах СССР в освоении космоса, демонстрации, показы кинофильмов и т. д.

Примерное распределение материала по урокам может быть следующим:

- | | |
|------------------|--|
| 1-й урок. | Движение под действием постоянной силы.
Движение под действием силы упругости. |
| 2-й и 3-й уроки. | Вертикальные движения под действием силы тяжести. Невесомость. Перегрузки. |
| 4-й урок. | Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости, направленных по одной прямой. |
| 5-й и 6-й уроки. | Движение тела, брошенного под углом к горизонту. Лабораторная работа «Изучение движения тела, брошенного горизонтально». |

- 7-й и 8-й уроки. Первая космическая скорость. Искусственные спутники Земли. Движение планет.
- 9-й урок. Движение тела под действием силы трения.
- 10-й и 11-й уроки. Движение системы тел.
- 12-й и 13-й уроки. Движение тел на поворотах.
- 14-й урок. Центр масс и центр тяжести.
- 15-й и 16-й уроки. Принцип относительности Галилея. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета. Решение задач.
- 17-й урок. Контрольная работа.
- 18-й урок. Разбор контрольной работы. Обобщение и повторение материала.

Поскольку тема посвящена применению изученных ранее законов, характерной особенностью преподавания должно быть использование дедуктивных методов.

1. Движение под действием постоянной силы. Движение под действием силы упругости

Изучение данного раздела имеет целью повторение материала о законах движения Ньютона и их связи с кинематикой. Кратко повторяют следующие сведения:

1. Если на тело не действуют силы ($\vec{F} = 0$ или $\Sigma \vec{F} = 0$), то согласно второму закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$ ускорение $\vec{a} = 0$. Тело движется равномерно и прямолинейно. В зависимости от системы отсчета и начальных условий уравнение движения принимает вид:

$$\vec{s} = \vec{v}t \text{ или } \vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}t.$$

2. Если $\vec{F} = \text{const}$ или $\Sigma \vec{F} = \text{const}$, то $\vec{a} = \text{const}$. Тело движется равноускоренно.

В зависимости от системы отсчета и начальных условий уравнение движения может иметь различный вид.

а) Когда $\Sigma \vec{F}$ и скорость тела \vec{v} направлены по одной прямой, тело совершает равноускоренное движение согласно уравнениям

$$\vec{s} = \frac{\vec{a}t^2}{2};$$

$$\vec{s} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2};$$

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

б) Если действующая на тело сила постоянна по модулю, но $\vec{F} \perp \vec{v}$, материальная точка движется по окружности с центростре-

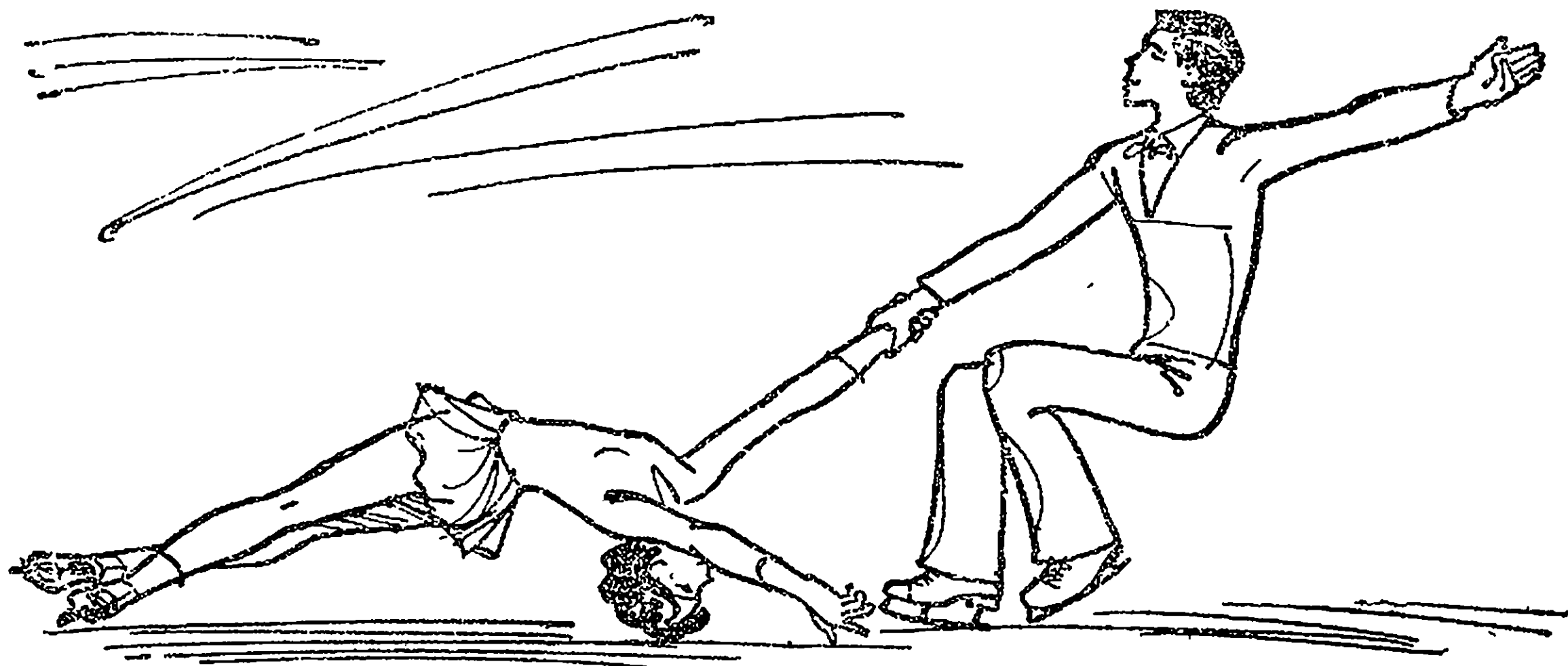


Рис. 20.1

мительным ускорением $|\vec{a}_{\text{цс}}| = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$. Такой вид движения может быть обусловлен любым видом сил, в том числе силой упругости. Примером может служить движение шарика на резиновой нити, вращаемой от руки над головой; движение частиц наждачного камня точила, вращение фигуристки, выполняющей тодес (рис. 20.1), и т. д.

В том случае, если $\Sigma \vec{F} \neq \text{const}$, то и ускорение $\vec{a} \neq \text{const}$. Движение становится более сложным. В качестве примера такого движения следует показать, например, колебания пружинного маятника. С уравнением этого движения учащиеся познакомятся в X классе.

При решении задач на второй закон Ньютона нужно приучать учащихся пользоваться следующими общими правилами:

1. Изобразить схематически тело и указать все действующие на него силы.

2. Выбрать инерциальную систему отсчета. (Одну из осей декартовой системы координат обычно проводят в направлении движения тела. При вращательном движении тела одну из осей проводят в направлении радиуса, а вторую совмещают с касательной.)

3. Записать уравнение второго закона Ньютона в общем виде:

$$\Sigma \vec{F} = m\vec{a}.$$

4. Записать уравнение применительно к условиям задачи, указав в явном виде действующие силы:

$$\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n = m\vec{a}.$$

5. Заменить векторные уравнения скалярными:

$$\Sigma F_x = ma_x; \Sigma F_y = ma_y; \Sigma F_z = ma_z,$$

проецируя векторы на избранные оси координат.

6. Решить полученное уравнение относительно искомой величины.

Так как в средней школе, как правило, решают задачи о движении тел в одной плоскости, то для этого случая достаточно использовать только одно или два скалярных уравнения.

2. Вертикальные движения под действием силы тяжести

Частным, но очень важным случаем равноускоренного движения является движение тел под действием силы тяжести. Уравнение данного движения учащимся известно: $x = x_0 + \frac{gt^2}{2}$.

Задача данного раздела — познакомить учащихся с вопросами динамики этого движения, и прежде всего с новыми для них понятиями «перегрузка» и «невесомость». И то и другое часто рассматривают на примере взаимодействия тел в лифте или ракете в различные моменты их движения. При этом, используя дедуктивный метод, каждый случай целесообразно тщательно рассмотреть как отдельный вопрос общей задачи, решаемой по единому плану.

На пружине в ракете подвешено тело массой m . Найти вес тела в следующие моменты вертикального полета ракеты: 1) при ускоренном движении вверх; 2) при равномерном полете ракеты; 3) при полете вверх с выключенными двигателями; 4) в верхней точке; 5) при свободном падении вниз; 6) во время работы тормозной установки, уменьшающей ускорение падения; 7) при движении вниз с постоянной скоростью; 8) при замедленном движении вниз; 9) при движении вниз, если бы двигатели увеличивали скорость ракеты. Высота подъема ракеты $h \ll R$ (R — радиус Земли). Принять $\vec{g} = \text{const}$.

Решение. При решении задачи полезно использовать прибор (рис. 20.2), состоящий из рамы, на которой по направляющему стержню 1 может скользить без трения массивный металлический цилиндр 2 массой m с отверстием посередине, подвешенный на мягкой пружине 3. При движении прибора цилиндр 2 замыкает ту или иную пару гибких контактов, в результате чего загорается соответствующая лампочка, питаемая батареей 3336Л.

Следуя перечисленным выше правилам, выполняют чертеж, изображая действующие силы: силу упругости $\vec{F}_{\text{упр}}$ и силу тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$ (рис. 20.3). Выбирают ось координат x , считая, например, положительным направление вниз. Записывают уравнение второго закона Ньютона в общем виде: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, а затем применительно к данной задаче в виде: $\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_T = m\vec{a}$.

По третьему закону Ньютона вес тела $\vec{P} = -\vec{F}_{\text{упр}}$, поэтому $\vec{P} = \vec{F}_T - m\vec{a}$; $\vec{P} = m(\vec{g} - \vec{a})$.

Следующая важная и нелегкая для учащихся операция — переход от векторной формы записи уравнения к скалярной. Известными

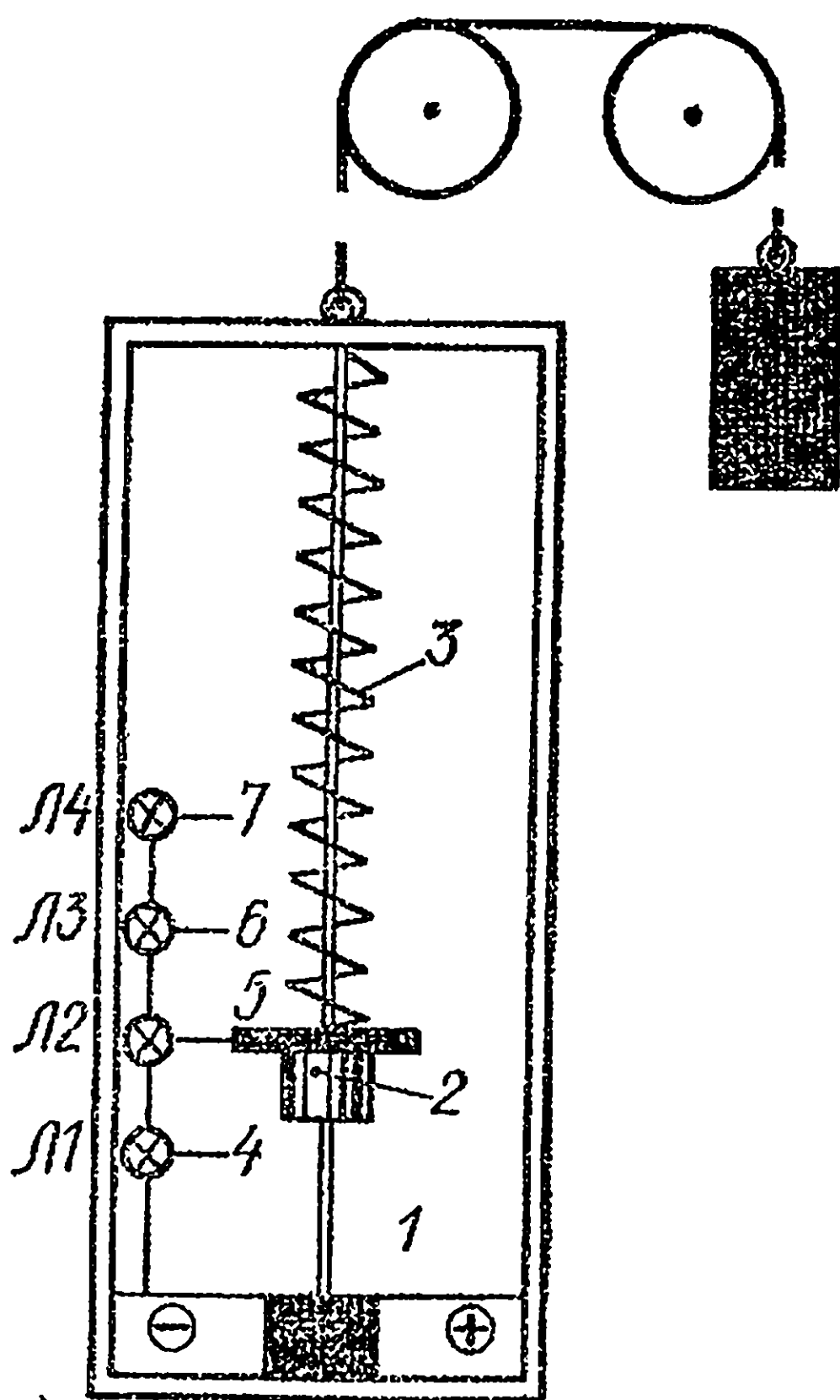


Рис. 20.2

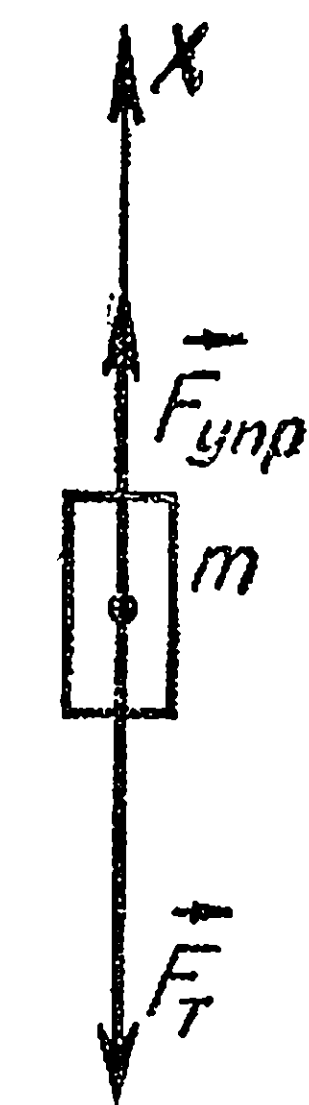


Рис. 20.3

или заданными условием задачи векторами являются только ускорения \vec{g} и \vec{a} . Направление же вектора \vec{P} , вообще говоря, неизвестно. Оно определяется правой частью уравнения.

Когда ракета покоится, $\vec{a} = 0$ и $\vec{P} = m\vec{g}$. В приборе (рис. 20.2) горит лампочка Л2.

1) При ускоренном движении вверх $P = m[g - (-a)] = m(g + a)$.

В приборе, поднимаемом ускоренно вверх, пружина 3 растягивается и груз 2 замыкает нижний контакт 4. Вспыхивает нижняя, например красная, лампочка Л1, свидетельствующая о перегрузке.

2) При равномерном полете ракеты $\vec{a} = 0$; $\vec{P} = m\vec{g}$. (В приборе при его равномерном подъеме вверх растяжение пружины 3 не изменяется. Горит лампочка Л2.)

Ракета является инерциальной системой отсчета, и никаких изменений в физических явлениях, в том числе и в проявлениях силы тяжести, заметить нельзя.

3—5) При движении только под действием силы тяжести как вверх так и вниз, а также в верхней точке траектории $\vec{a} = \vec{g}$ и $\vec{P} = 0$ (невесомость).

Отпуская свободно падать прибор, замечают, как укорачивается пружина 3. В тот момент, когда деформация пружины станет равной нулю, тело 2 замыкает контакты 6. Загорается зеленая лампочка Л3 (невесомость).

6—8) При работе тормозной установки возможны следующие случаи:

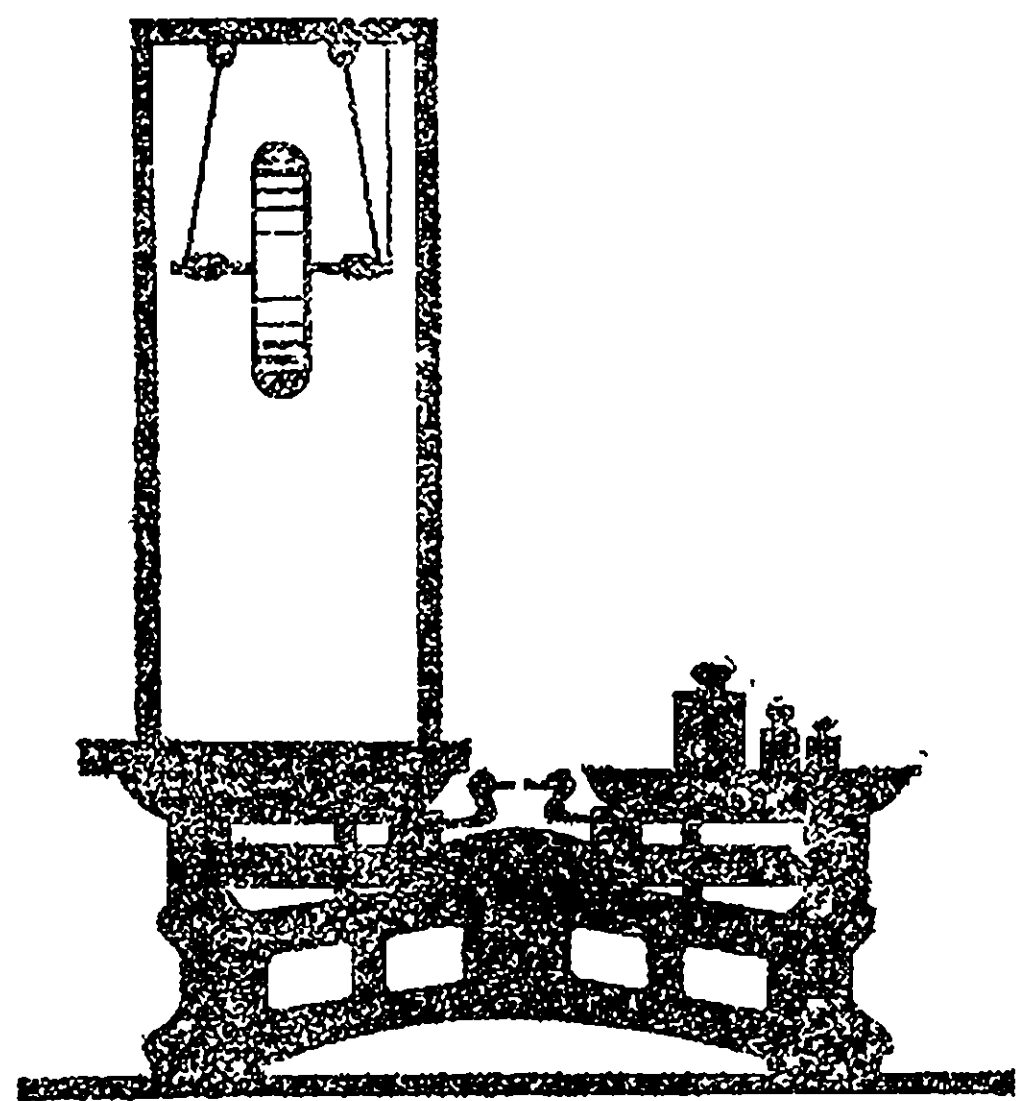


Рис. 20.4

а) вначале сила тяги двигателей меньше силы тяжести. Результирующая сила и ускорение \vec{a} направлены вниз: $P = m(g - a)$; $P < mg$ (частичная невесомость);

б) сила тяги становится равной силе тяжести: $\vec{a} = 0$, $\vec{P} = m\vec{g}$. Это нетрудно показать на приборе, равномерно перемещая его сверху вниз;

в) сила тяги больше силы тяжести. Равнодействующая сил и ускорение \vec{a} направлены вверх: $P = m(g + a)$ (перегрузка). Это также легко показать на приборе, замедляя его движение сверху вниз.

9) Если сила тяги двигателей совпадает по направлению с силой тяжести, то результирующая сила $|\vec{F}| > |m\vec{g}|$ и, следовательно, $|\vec{a}| > |\vec{g}|$; $P = m(g - a) < 0$.

Это значит, что «вес» направлен вверх и сжимает пружину. Этот случай также можно воспроизвести на приборе: при резком опускании его вспыхнет самая верхняя, например желтая, лампочка Л4.

Для закрепления материала полезно решить следующие экспериментальные задачи:

1. Прибор (см. рис. 20.2) подвешен на шнуре, перекинутом через блок. Как изменится при движении прибора растяжение пружины, если масса M противовеса равна, больше или меньше массы прибора? Силами трения пренебречь.

2. На весах уравновешен маятник Максвелла (рис. 20.4). Изменится ли и как равновесие весов при движении маятника вниз и вверх?

3. Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости

Следуя учебнику [4, § 45], вначале можно рассмотреть примеры движения автомобиля по выпуклому мосту и самолета в нижней части мертвой петли, а затем для закрепления материала решить ряд других задач, обращая внимание на формирование навыков применения законов Ньютона в типичных ситуациях.

Все задачи решают по одной схеме, с которой и следует ознакомить учащихся.

Криволинейный участок траектории принимают за дугу окружности радиусом R . Движение по окружности считают равномерным, т. е. таким, которое происходит с постоянной по модулю скоростью и центростремительным ускорением $|\vec{a}_{цс}| = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$, направлен-

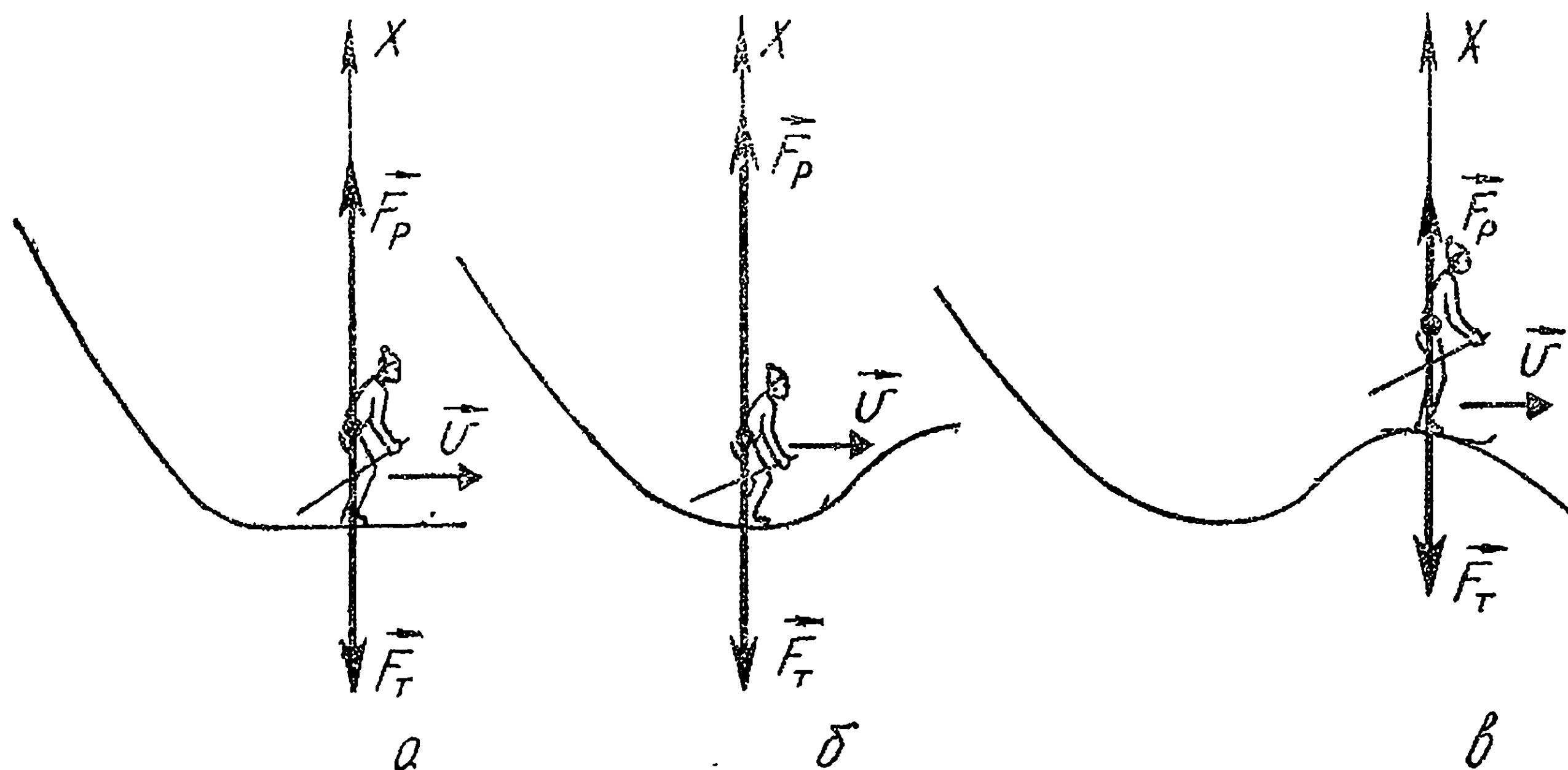


Рис. 20.5

ным по радиусу к центру. Следовательно, и равнодействующая внешних сил согласно второму закону Ньютона $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}_{\text{цс}}$ также направлена к центру. Поэтому для перехода от векторной формы записи закона к скалярной прибегают к проекции векторов на радиус. При этом за положительное направление координатной оси обычно принимают направление к центру окружности. В качестве примера можно рассмотреть следующую задачу:

Определить силу давления лыжника на снег: а) на горизонтальном участке дороги; б) на середине вогнутого участка; в) на середине выпуклого участка. Масса лыжника 70 кг, скорость движения 20 м/с, радиус кривизны криволинейных участков 80 м. Силой трения пренебречь.

Решение. а) На горизонтальном участке пути (рис. 20.5, а) на лыжника действует сила реакции опоры \vec{F}_p и сила тяжести $\vec{F}_T = mg$. По второму закону Ньютона $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$ или в проекциях на вертикальную ось, направленную вверх, $F_p - F_T = ma$.

Так как $a = 0$, то $F_p = mg \approx 686$ Н. По третьему закону Ньютона лыжник действует на опору с силой $\vec{P} = -\vec{F}_p$.

б) Для вогнутого участка пути (рис. 20.5, б) $F_p - F_T = ma$; $|\vec{a}| = \frac{v^2}{R}$. Так как ускорение направлено по радиусу к центру, то и равнодействующая сил \vec{F}_p и \vec{F}_T направлена в ту же сторону, поэтому $|\vec{F}_p| > |\vec{F}_T|$. $F_p = F_T + ma = 690 \text{ Н} + 70 \text{ кг} \cdot \frac{(20 \text{ м/с})^2}{80 \text{ м}} \approx 1000 \text{ Н}$.

Следовательно, сила давления лыжника на снег по модулю также равна 1000 Н, т. е. значительно превышает силу давления, которую лыжник оказывал на горизонтальном участке дороги (перегрузка).

Этот результат, который нередко удивляет учащихся, нужно обсудить более подробно. На рисунке нужно указывать не только силы, но и вектор скорости \vec{v} . Без этого у учащихся часто возникает недоуменный вопрос: если $|\vec{F}_p| > |\vec{F}_T|$, то почему лыжник не летит вверх?

Имея скорость \vec{v} , лыжник по инерции двигался бы по прямой линии. Но на его пути встречается препятствие — подъем, который благодаря деформации действует на лыжника с дополнительной силой, изменяющей траекторию его движения и скорость. По третьему закону Ньютона лыжник с такой же по модулю силой действует на участок дороги. Следовательно, сила давления на вогнутый участок дороги будет больше, чем на горизонтальный.

в) Для выпуклого участка (рис. 20.5, в) $-F_T + F_p = -ma$, или $F_T - F_p = ma$. Ускорение направлено по радиусу вниз, поэтому $|\vec{F}_p| < |\vec{F}_T|$, что видно из уравнения $F_p = F_T - m \frac{v^2}{R} = 690 \text{ Н} - 350 \text{ Н} = 340 \text{ Н}$, т. е. сила давления в этом случае меньше, чем в случае горизонтального участка дороги (частичная невесомость). Причину этого можно пояснить следующим образом: по инерции, имея скорость \vec{v} , лыжник стремится двигаться по прямой, удаляясь от дороги, поэтому сила его давления на выпуклый участок дороги меньше, чем на горизонтальный. Можно сослаться на известный учащимся факт: тело, движущееся горизонтально, может вообще оторваться от поверхности Земли (прыжки лыжника или мотоциклиста, с большой скоростью въехавшего на выпуклый участок дороги).

Полезно также решить следующую экспериментальную задачу:

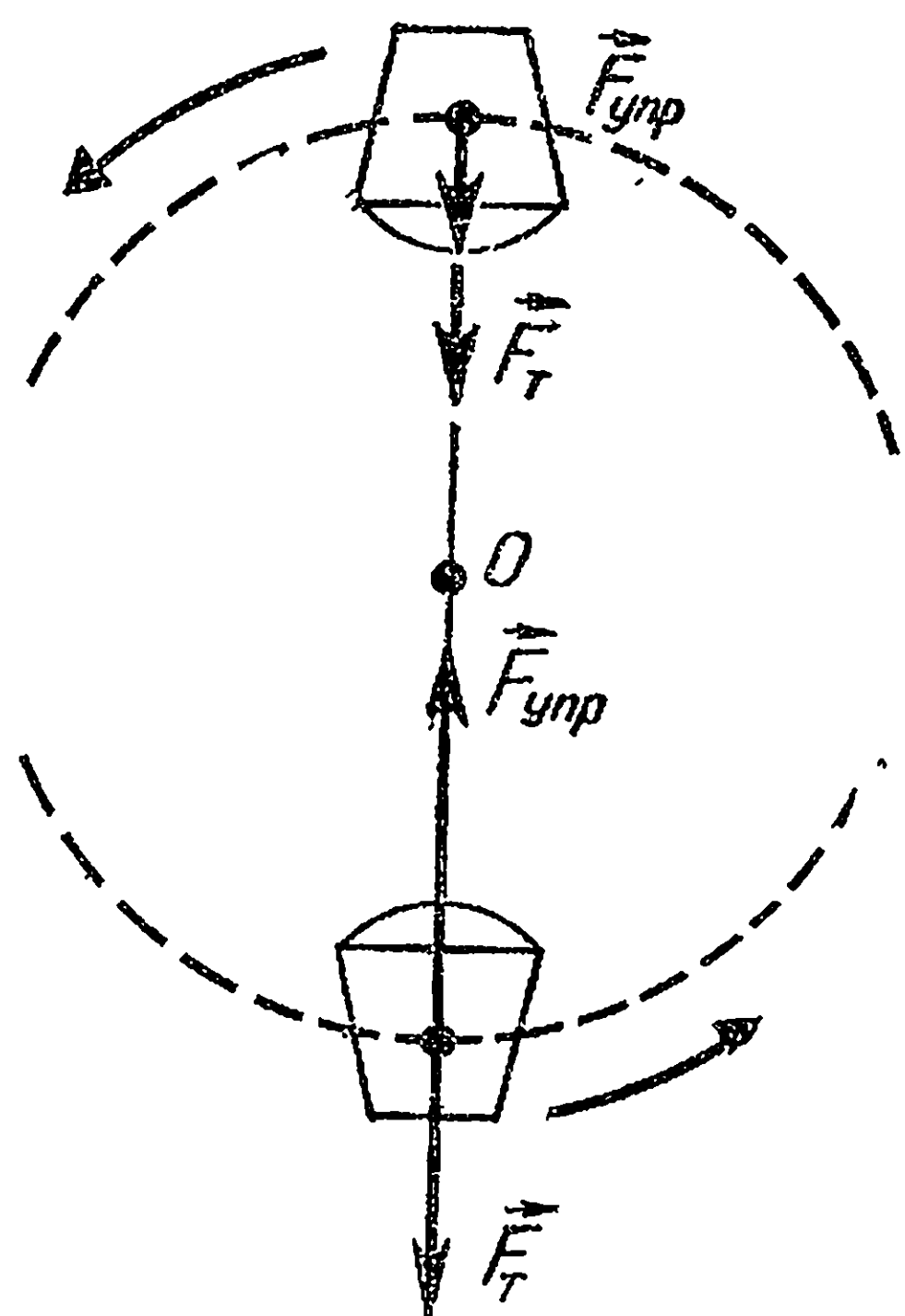


Рис. 20.6

Небольшое ведро, полное воды (рис. 20.6), вращают в вертикальной плоскости так, что вода не выливается, когда ведро располагается вверх дном. Объяснить это явление и сравнить силу давления воды на дно ведра в нижней и верхней точках траектории.

Решение. Считаем размеры ведра малыми по сравнению с радиусом окружности и примем воду за материальную точку массой m . По аналогии с предыдущей задачей укажем, что на воду в нижней точке траектории действуют сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$ и сила упругости дна ведра $\vec{F}_{упр}$:

$$\vec{F}_T + \vec{F}_{\text{упр}} = m\vec{a}_{\text{цс}}$$

или в проекциях на вертикальную ось, направленную вертикально вверх:

$$-F_T + F_{\text{упр}} = ma_{\text{цс}}; F_{\text{упр}} = m(a_{\text{цс}} + g).$$

Вес воды $\vec{P} = -\vec{F}_{\text{упр}}; P = -m(a_{\text{цс}} + g)$. Следовательно, вес в нижней точке всегда направлен вниз и $|\vec{P}| > |m\vec{g}|$ (перегрузка). Гидростатическое давление у дна ведра должно возрасти.

В верхней точке $F_T + F_{\text{упр}} = ma_{\text{цс}}; mg + F_{\text{упр}} = ma_{\text{цс}}$. Следовательно,

$$|\vec{a}_{\text{цс}}| \geq |\vec{g}|; F_{\text{упр}} = m(a_{\text{цс}} - g).$$

«Вес тела» направлен вверх и по модулю может принимать различные значения. При $|\vec{a}_{\text{цс}}| = |\vec{g}|$ $\vec{P} = 0$ — невесомость. Гидростатическое давление отсутствует. При $|\vec{a}_{\text{цс}}| = |2\vec{g}|$ $|\vec{P}| = |m\vec{g}|$ — гидростатическое давление такое же, как в неподвижном ведре. При $|\vec{a}_{\text{цс}}| > |2\vec{g}|$ $|\vec{P}| > |m\vec{g}|$ — перегрузка. Гидростатическое давление возросло.

Как подтвердить полученные выводы экспериментально? Одно из возможных решений — просверлить небольшое отверстие в дне ведра и показать, что при вращении ведра струйка воды всегда бьет сильнее в нижней точке траектории, чем в верхней (отверстие следует просверлить заранее и закрыть пробкой). А при скорости вращения, определяемой уравнениями $|\vec{a}_{\text{цс}}| = |\vec{g}|$ или $\frac{v^2}{R} = |\vec{g}|$, в верхней точке наступает состояние невесомости и струйка не бьет вовсе.

Учащимся, проявляющим к физике повышенный интерес, можно дать дополнительное задание — решить задачу в более общем виде с учетом гидростатического давления в ведре на разном расстоянии от дна.

Из рассмотренных примеров следует, что «вес» тела, как сила, с которой оно действует на какую-либо опору, зависит от движения, которое совершает система. В этой связи в ознакомительном плане можно рассказать о проектах создания «искусственной тяжести» в космических кораблях за счет их вращения, интересных опытах с «обманутыми растениями» (рис.

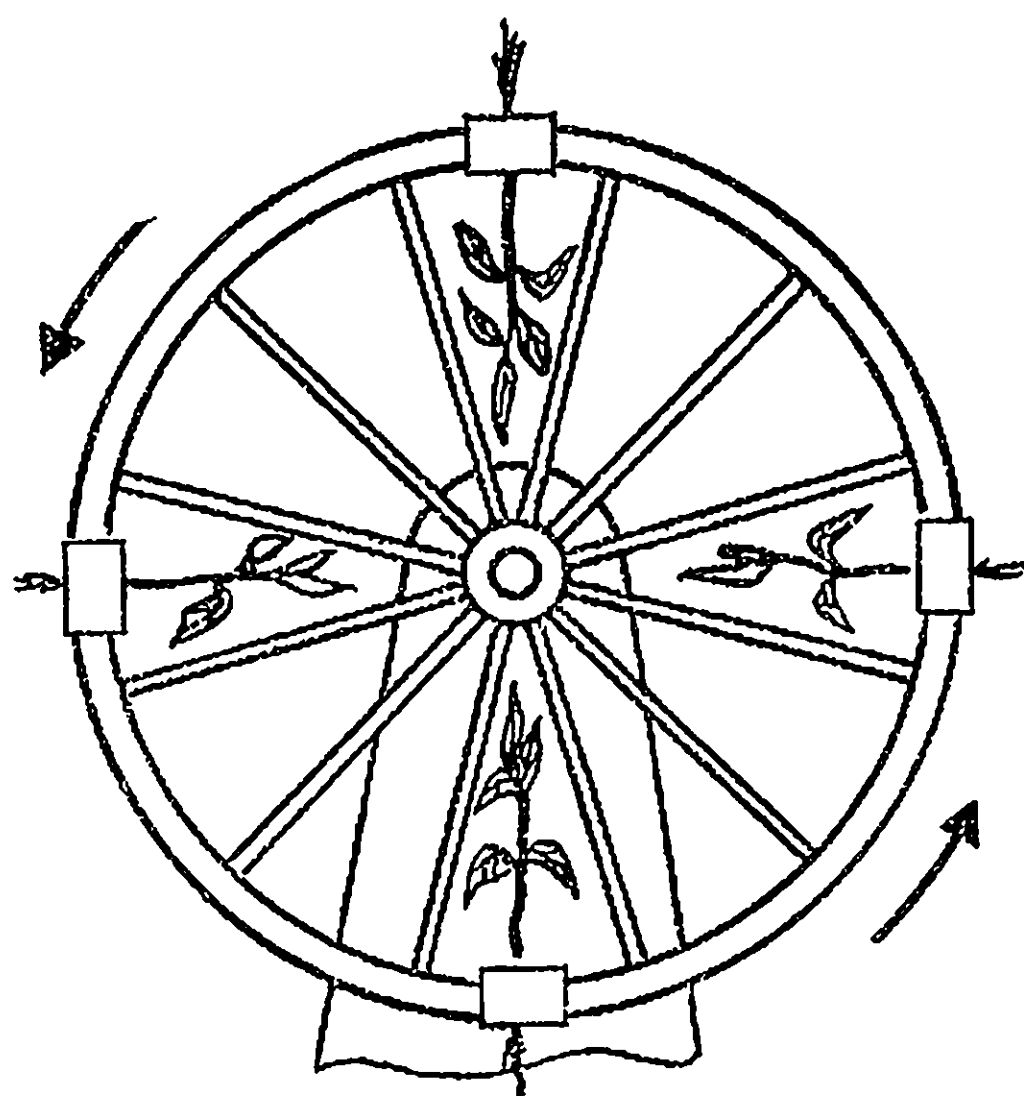


Рис. 20.7

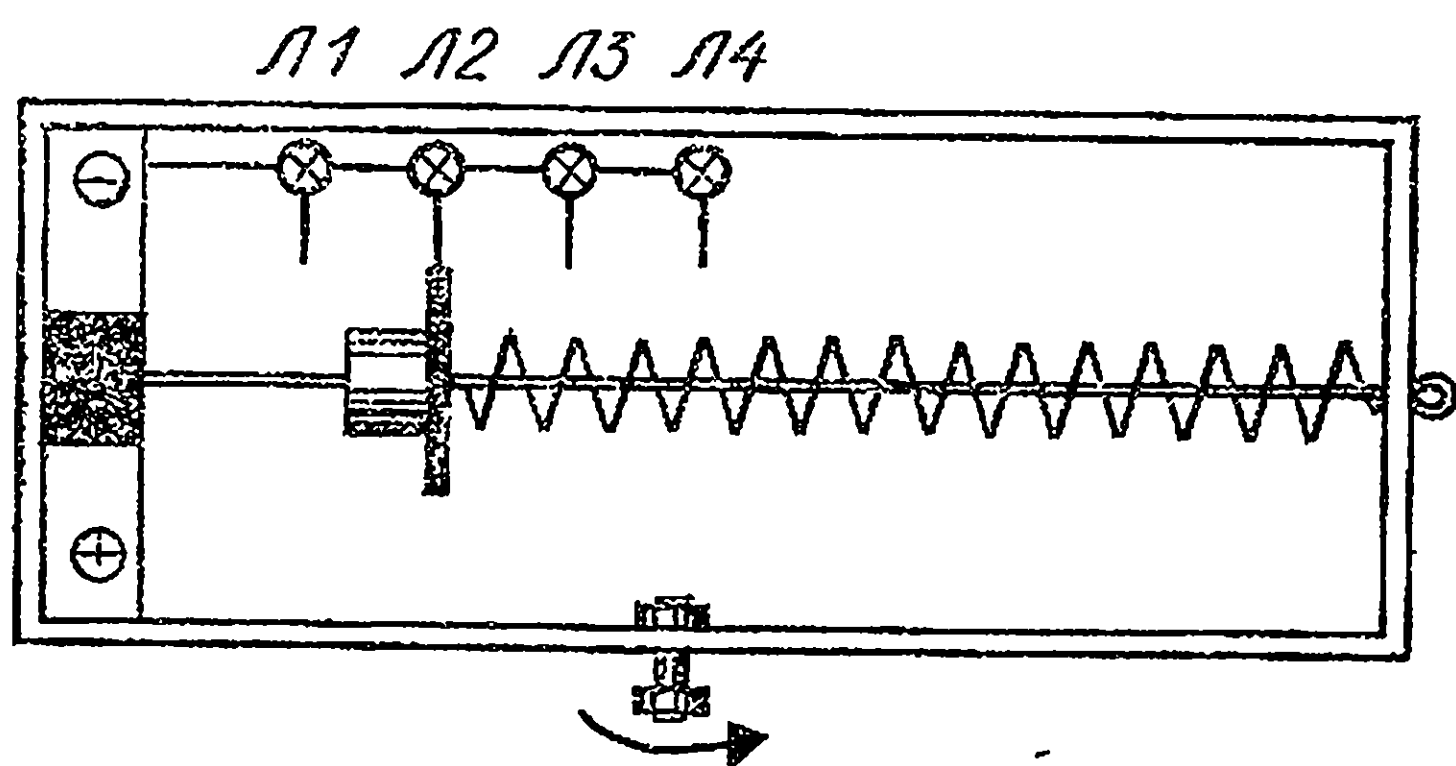


Рис. 20.8

20.7), стебли которых растут по радиусу к оси, а корешки—наружу [86, кн. II]. Явление также можно пояснить с помощью прибора (рис. 20.8), вращая его на центробежной машине в горизонтальной плоскости с такой скоростью, чтобы загорелась красная лампочка *Л1*, свидетельствующая о перегрузке.

Наконец, желательно решить задачу, показывающую зависимость веса тела от вращения Земли [51, № 398].

4. Движение тела, брошенного под углом к горизонту

Движение тела, брошенного под углом к горизонту, демонстрируют с помощью струи воды и полета шариков. Для того чтобы зафиксировать траекторию струи воды, направляют ее вдоль классной доски, а затем этот след обводят мелом. Аналогичный след оставит и шарик, смоченный краской, на слегка наклоненном экране. Полет шарика желательно показать при стробоскопическом освещении, а затем рассмотреть соответствующие фотографии и рисунки на цветной вклейке в учебнике [4].

Далее работа может быть построена двояким образом:

1) продолжая изучение фотографии или рисунков, находят закон движения тела, брошенного под углом к горизонту, эмпирически и затем закрепляют его путем решения задач [14];

2) после вводных демонстраций закон движения устанавливают теоретически и затем закрепляют путем решения задач, в том числе экспериментальных и с использованием фотографий, полученных при стробоскопическом освещении, а также в процессе выполнения лабораторной работы.

Рассмотрим второй, наиболее распространенный и принятый в стабильном учебнике способ.

Как следует из опытов, тело, брошенное под углом к горизонту, движется по криволинейной траектории, симметричной относительно оси *y*. Угол между поверхностью Земли и вектором скорости постепенно уменьшается и становится равным нулю, когда тело находится в верхней точке.

Вопрос о том, как скорость изменяется не только по направлению, но и по модулю, можно выяснить на примере следующей задачи:

Тело брошено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту со скоростью $|\vec{v}_0| = 60$ м/с. Найти графически модуль скорости и ее направление через 1, 2, 3, 4, 5 и 6 с. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с².

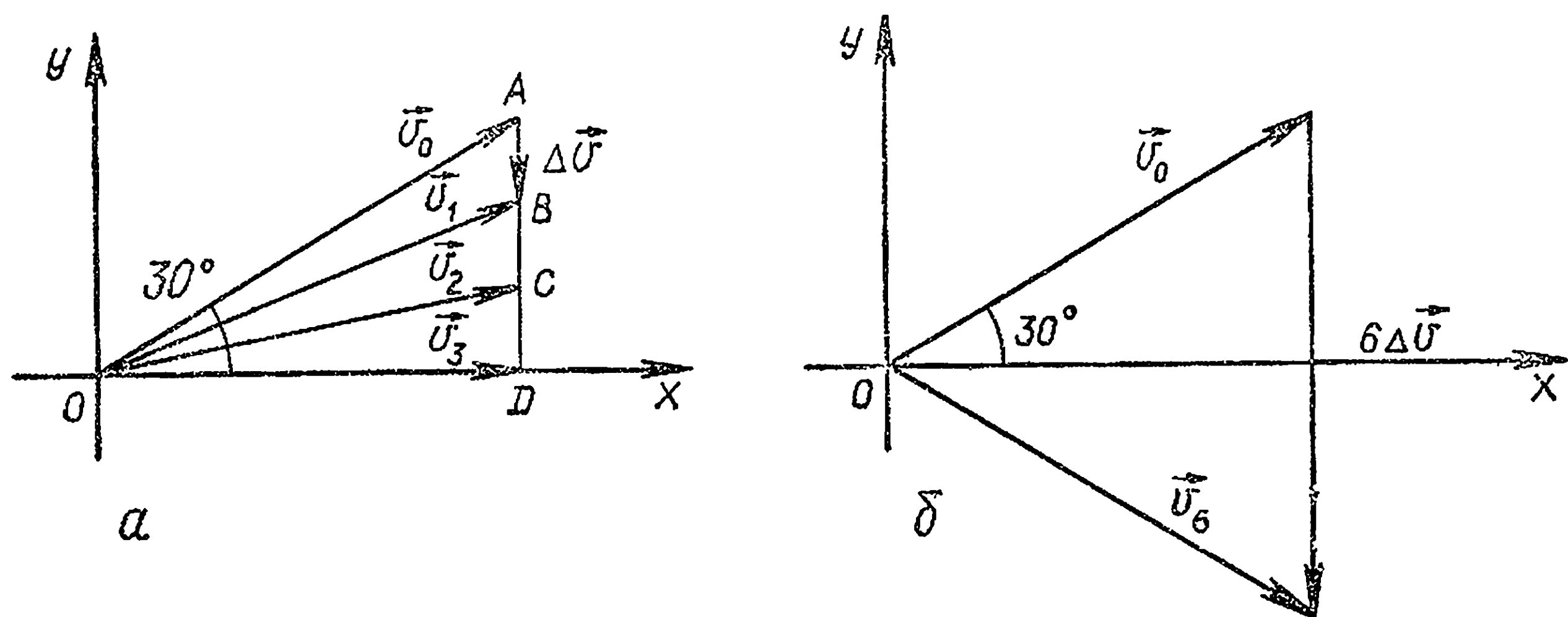


Рис. 20.9

Решение. В выбранном масштабе, например 1 см — 10 м/с, изображаем вектор скорости \vec{v}_0 (рис. 20.9). Изменение скорости $|\Delta \vec{v}| = 10$ м/с за 1 с численно равно ускорению. Ускорение сообщается телу силой тяжести и потому направлено вниз. Складывая векторы \vec{v}_0 и $\Delta \vec{v}$, найдем вектор \vec{v}_1 . Аналогично найдем векторы \vec{v}_2 и \vec{v}_3 . Далее нетрудно заметить, что векторы \vec{v}_4 , \vec{v}_5 и \vec{v}_6 можно найти, складывая векторы \vec{v}_0 и $4 \Delta \vec{v}$, \vec{v}_0 и $5 \Delta \vec{v}$, \vec{v}_0 и $6 \Delta \vec{v}$.

Заметим, что $|\vec{v}_0| = |\vec{v}_6|$ и вектор \vec{v}_3 горизонтален.

Итак, для любой точки траектории справедливо векторное равенство $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{g}t$, которое можно заменить двумя скалярными, проецируя векторы на горизонтальную и вертикальную оси x и y :

$$v_x = |\vec{v}_0| \cos \alpha; v_y = |\vec{v}_0| \sin \alpha - |g|t.$$

При повторении материала в конце года возможна и такая интерпретация этой задачи: тело совершает свободное падение с ускорением \vec{g} в некоторой инерциальной системе координат, которая сама одновременно перемещается со скоростью $|\vec{v}_0| \cos \alpha$ в горизонтальном направлении относительно Земли. В соответствии с галилеевыми преобразованиями координат перемещение тела относительно Земли $\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{s}'$, где \vec{s}_0 — перемещение самой подвижной системы координат, а \vec{s}' — перемещение тела относительно подвижной системы. Аналогичное соотношение верно и для скоростей: $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$. Ускорения же тела и, следовательно, силы в обеих системах одинаковы: $\vec{a} = \vec{a}' = \vec{g}$; $\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{a}' = m\vec{g}$. Тело будет находиться в состоянии невесомости как в подвижной, так и неподвижной системах отсчета. Явление можно продемонстрировать, бросая мячик с отверстиями, наполненный водой [53, с. 214].

В теме рассматриваются движения тел со скоростями, малыми по сравнению с первой космической скоростью, и, следовательно, с небольшой дальностью полета, когда поверхность Земли можно принимать за плоскость. В качестве примера рассмотрим две задачи:

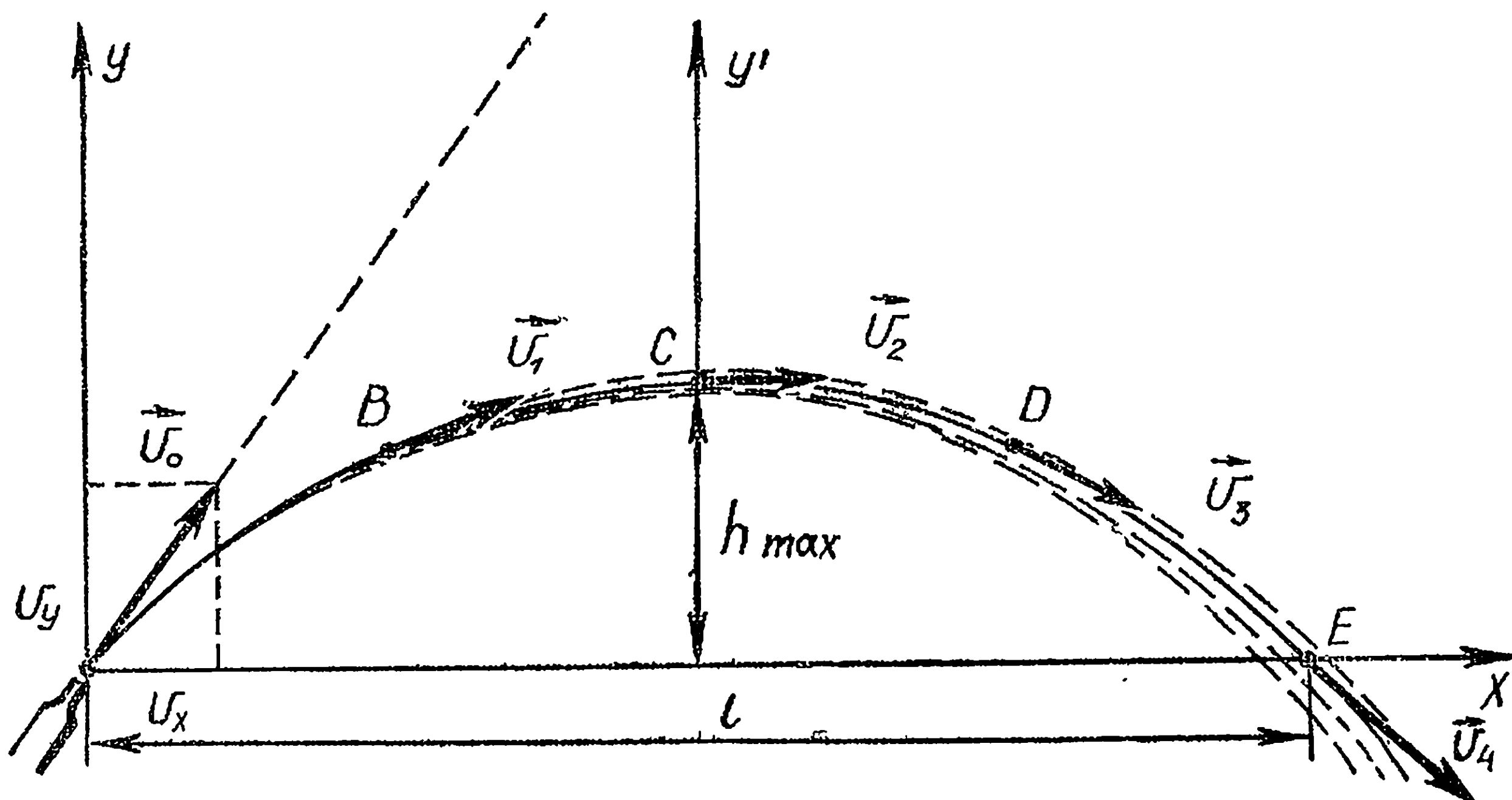


Рис. 20.10

1. Из орудия под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту вылетает снаряд со скоростью 600 м/с. Определить дальность, наибольшую высоту и время полета снаряда. Сопротивлением воздуха пренебречь. Принять ускорение свободного падения равным 10 м/с^2 .

Решение. Изобразим вектор начальной скорости \vec{v}_0 и примерный вид траектории полета тела (см. рис. 20.10).

За начало координат примем точку, в которой находится орудие, ось x направим горизонтально в сторону движения снаряда, а ось y — вертикально вверх.

Формулу $v_y = |\vec{v}_0| \sin \alpha - |\vec{g}|t$ для верхней точки траектории можно записать в виде

$$0 = |\vec{v}_0| \sin \alpha - |\vec{g}|t_1.$$

Откуда

$$t_1 = \frac{|\vec{v}_0| \sin \alpha}{|\vec{g}|} = 30 \text{ с.}$$

Полное время полета $t = 2t_1 = 60 \text{ с.}$

Для определения дальности полета воспользуемся уравнением координаты $x = v_{0x} t$. Здесь $x = l$,

$$v_{0x} = |\vec{v}_0| \cos \alpha, \quad t = \frac{2 |\vec{v}_0| \sin \alpha}{|\vec{g}|}.$$

Тогда

$$l = \frac{|\vec{v}_0| \cos \alpha \cdot 2 |\vec{v}_0| \sin \alpha}{|\vec{g}|} = \frac{v_0^2 \sin 2\alpha}{|\vec{g}|} = 31\,000 \text{ м} = 31 \text{ км.}$$

Максимальную высоту подъема находим из уравнения

$$y = v_{0y}t - \frac{|\vec{g}|t^2}{2}.$$

При $t = t_1$ $y = h_{\max}$. Следовательно,

$$h_{\max} = \frac{|\vec{v}_0| \sin \alpha |\vec{v}_0| \sin \alpha}{|\vec{g}|} - \frac{|\vec{g}| |\vec{v}_0|^2 \sin^2 \alpha}{2 |\vec{g}|^2} = \frac{v_0^2 \sin^2 \alpha}{2 |\vec{g}|} = 4500 \text{ м} = 4,5 \text{ км}.$$

2*1. Человек, стоящий на корме катера, плывущего со скоростью 10 м/с, бросает вертикально вверх маленький тяжелый шарик со скоростью 20 м/с. Упадет ли шарик на то место катера, откуда его бросили, или же окажется дальше за кормой, поскольку катер уходит вперед, пока шарик находится в воздухе? На какую высоту поднимется шарик? Каков угол α между горизонтом и вектором скорости \vec{v} шарика в начале и в конце его полета? Какова траектория полета шарика относительно катера и относительно земли? На какое расстояние перемещается шарик относительно земли?

Р е ш е н и е. По закону инерции шарик будет иметь ту же горизонтальную скорость, что и катер. Поэтому он упадет на то место катера, откуда его бросили вертикально вверх. Относительно катера шарик будет двигаться с ускорением \vec{g} и вверх и вниз (рис. 20.11).

Явление можно объяснить также следующим образом. Поскольку катер движется равномерно относительно инерциальной системы отсчета (Земли), то он также является инерциальной системой.

Следовательно, ускорения и законы движения тел в обеих системах будут одинаковыми. Различными будут только скорости тел и их координаты.

¹ Здесь и в дальнейшем звездочкой отмечены задачи повышенной трудности, которые могут быть рассмотрены при повторении.

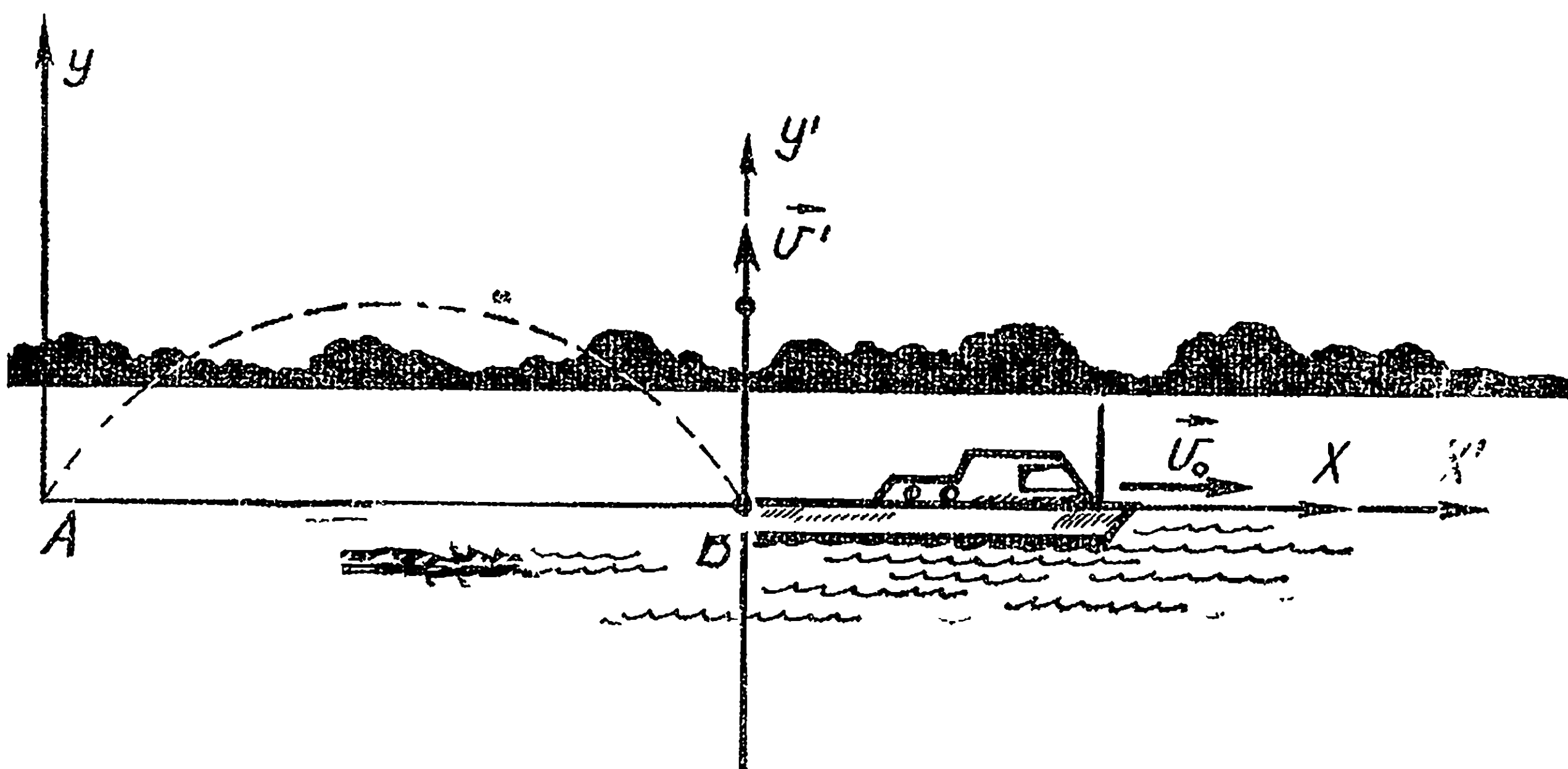


Рис. 20.11

Для неподвижной системы «Земля» и подвижной системы «Катер» уравнения движения соответственно примут вид:

$$\vec{s} = \vec{s}_0 + \vec{v}t + \frac{\vec{g}t^2}{2}; \quad \vec{s}' = \vec{s}'_0 + \vec{v}'t + \frac{\vec{g}t^2}{2}.$$

Запишем данные уравнения в скалярной форме, приняв во внимание, что $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{v}'$ и скорость \vec{v}_0 направлена горизонтально, а скорость \vec{v}' — вертикально. Совместим также начала отсчета систем, положив $\vec{s}_0 = \vec{s}'_0$.

Тогда будем иметь:

$$x = v_0 t; \quad y = v' t - \frac{|\vec{g}| t^2}{2}; \quad (1)$$

$$x' = 0; \quad y' = v' t - \frac{|\vec{g}| t^2}{2}. \quad (2)$$

Последнее уравнение показывает, что в подвижной системе отсчета тело совершает равноускоренное прямолинейное движение вдоль вертикальной оси y' .

В неподвижной системе отсчета тело движется по параболе, определяемой уравнением $y = \frac{v'}{v_0} x - \frac{|\vec{g}|}{2v_0^2} x^2$.

Как видно из уравнений (1) и (2), высоты y и y' подъема шарика относительно земли и катера в любой момент времени одинаковы. Время полета шарика найдется из формулы

$$-v' = v' - |\vec{g}| t; \quad t = \frac{2v'}{|\vec{g}|} = \frac{2 \cdot 20 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{10 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} = 4 \text{ с.}$$

Следовательно, время подъема $t' = 2$ с. (Можно, конечно, после соответствующих пояснений использовать и частные формулы $v = gt$; $y = \frac{gt^2}{2}$.)

Угол α может быть найден из формулы $\text{tg } \alpha = \frac{v'}{v_0} = \frac{20}{10} = 2$;

$\alpha \approx 63^\circ$; $x = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 4 \text{ с} = 40 \text{ м.}$

Заметим, что решение вопросов, связанных с системой «Земля», можно было начать с определения угла α и затем все делать так же, как в предыдущей задаче.

Движение тела, брошенного горизонтально, можно рассматривать как частный случай движения тела, брошенного под углом к горизонту. В этих целях следует подробнее рассмотреть движение тела по второй части параболы (см. рис. 20.10), начиная с верхней точки С, обратив внимание на то, что тело летит по криволинейной

траектории от точки C столько же времени, сколько бы оно падало с высоты h_{\max} . Этот факт, впервые установленный Галилеем, с недоверием был воспринят многими его современниками, которых удивляло утверждение, что ядро, вылетевшее горизонтально из пушки с любой скоростью, движется столько же времени, сколько и ядро, просто упавшее из жерла на землю.

Явление следует продемонстрировать с помощью прибора, принцип действия которого показан на рисунке 20.12, и затем исследовать на лабораторной работе [4, с. 216—217; 60, с. 52].

5. Первая космическая скорость. Искусственные спутники Земли. Движение планет

Продолжая тему о движении тела, брошенного горизонтально, нетрудно качественно дать понятие о том, что дальность полета тела может возрастать как за счет увеличения скорости, так и за счет кривизны земной поверхности. Аналогом является полет лыжника с трамплина (рис. 20.13), дальность которого зависит как от полученной лыжником перед прыжком скорости, так и от профиля трамплина (большое значение в данном случае имеют также аэродинамические силы).

Первую космическую скорость можно рассчитать в процессе решения следующей задачи:

Определить, при какой примерно горизонтальной скорости у поверхности Земли тело могло бы стать ее спутником, если бы не было сопротивления воздуха.

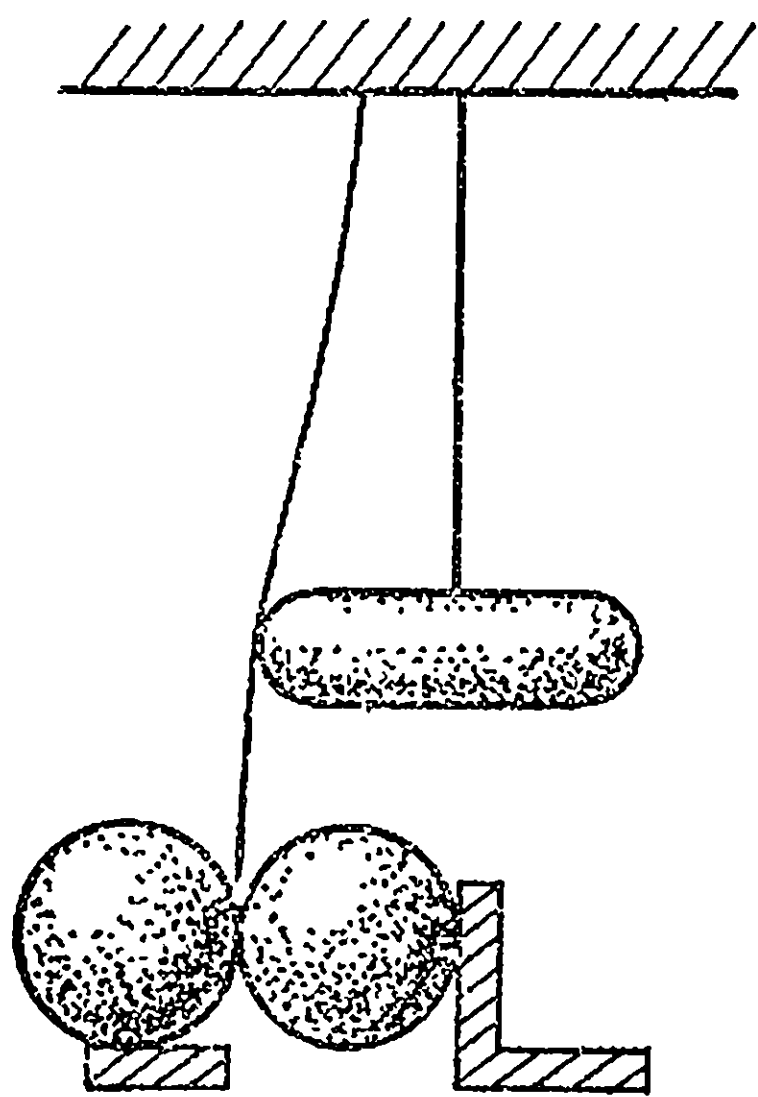


Рис. 20.12

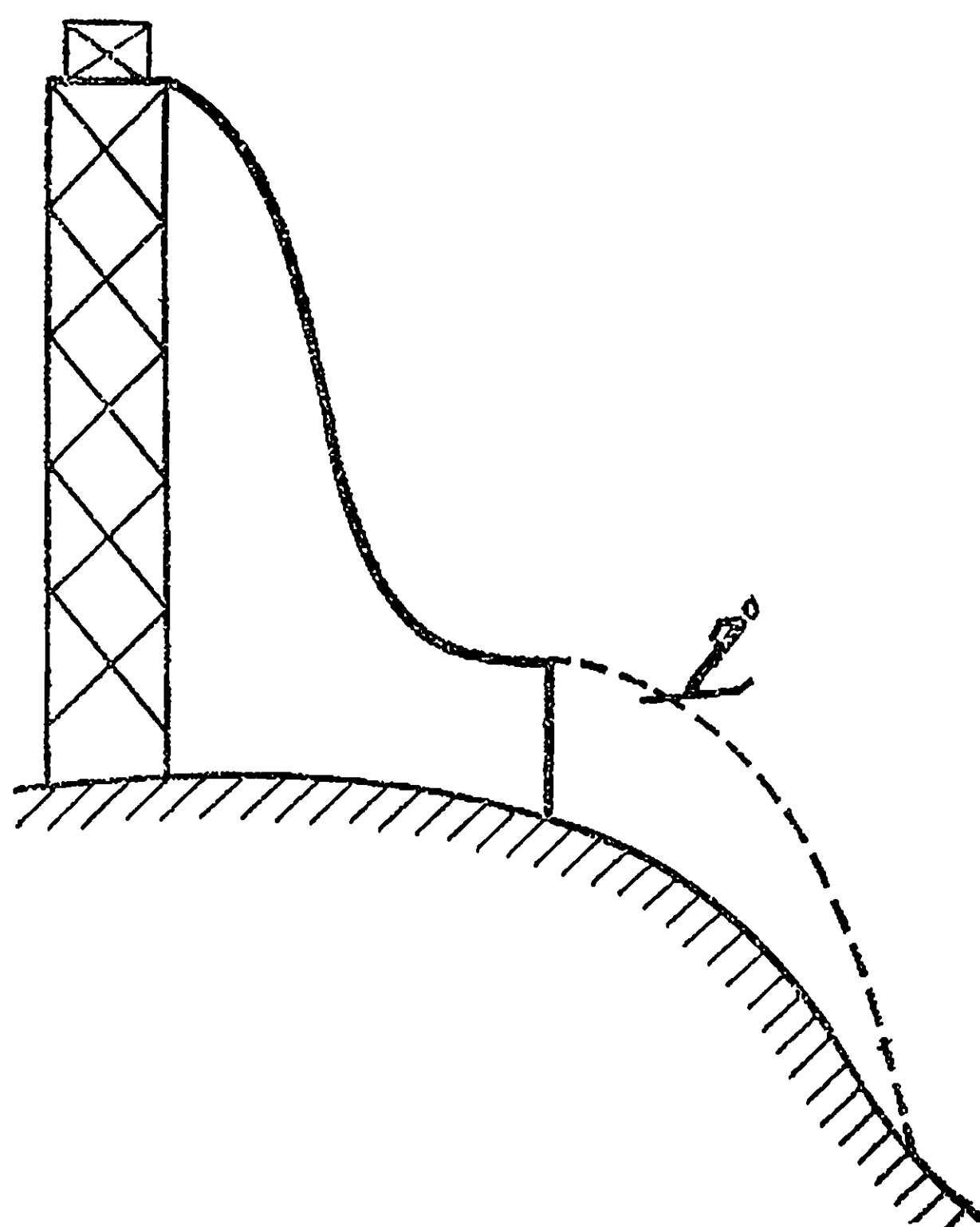


Рис. 20.13

Р е ш е н и е. Первую космическую скорость находят в общем виде для любой высоты, используя соотношения

$$|\vec{F}_T| = G \frac{Mm}{(R+h)^2}; |\vec{F}_T| = m |\vec{a}_{цс}| = m \frac{v^2}{R+h};$$

$$G \frac{Mm}{(R+h)^2} = m \frac{v^2}{R+h}, \text{ откуда } v = \sqrt{G \frac{M}{R+h}}.$$

Так как

$$G \frac{M}{(R+h)^2} = |\vec{g}|, \text{ то } v = \sqrt{|\vec{g}|(R+h)}.$$

У поверхности Земли при $h \ll R$ $v = \sqrt{|\vec{g}|R} \approx 8 \frac{\text{км}}{\text{с}}.$

На материале движения искусственных спутников Земли может быть решено большое число интересных задач [51; 31] как в классе, так и на внеклассных занятиях. Полезно, например, рассчитать орбиту «синхронного» спутника [51, № 396], рассмотреть вопросы невесомости и перегрузок [51, № 387; 86], использование при запуске ИСЗ скорости вращения Земли [31; 70] и т. д.

Перед тем как рассмотреть вопрос о движении планет, следует кратко рассказать о научном подвиге великого польского астронома **Н и к о л а я К о п е р н и к а** (1478—1543) и борьбе ученых за утверждение научных взглядов о строении Вселенной. Имеющийся в учебнике материал о движении планет [4, § 48] может быть рекомендован учащимся для самостоятельного домашнего чтения.

По аналогии с искусственными спутниками Земли движение планет рассматривают как движение спутников Солнца. Поэтому вначале желательно рассчитать массу Солнца [51, № 397] и скорость движения Земли по орбите. Затем в зависимости от бюджета времени могут быть решены задачи о движении межпланетных автоматических станций, исследовании Луны и других планет, а также об особенностях их физических условий, и прежде всего значения и проявлении силы тяжести [31; 87].

Изучение темы завершают показом кинофильмов «Искусственные спутники Земли» и «Физические основы космических полетов». Желательно провести физический вечер, посвященный успехам СССР в освоении космоса. Ученикам в связи с этим можно порекомендовать соответствующую научно-популярную литературу [81; 84; 86; 88].

6. Движение тела под действием силы трения

В данной теме в основном рассматривают движение тел при действии на них сил сухого трения скольжения и покоя. Желательно, однако, ознакомить учащихся и с некоторыми особенностями сил трения качения и вязкости. Материал изучают в основном путем решения качественных, расчетных и экспериментальных задач. Главное

внимание при этом обращают на выяснение влияния трения на тормозной путь и время движения тел.

Тормозной путь находят из формулы $s = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$.

Так как $v = 0$, то $s = -\frac{v_0^2}{2a}$;

$$|\vec{a}| = -\frac{|\vec{F}_{\text{тр}}|}{m}; \quad s = \frac{mv_0^2}{2|\vec{F}_{\text{тр}}|}.$$

Обращают внимание на то, что тормозной путь пропорционален квадрату скорости. В дальнейшем (гл. 23) задачи этого типа следует также решить с использованием понятия кинетической энергии.

Время торможения в зависимости от условий задачи обычно определяют по формулам

$$\vec{v} - \vec{v}_0 = \vec{a}t; \quad \vec{s} = \vec{v}_0t + \frac{\vec{a}t^2}{2}.$$

В задачниках по физике [19; 32 и др.] обычно приводятся задачи, в которых необходимо учитывать несколько коэффициентов, характеризующих силы, препятствующие движению тел:

а) известный учащимся коэффициент трения скольжения, равный отношению максимальной силы трения покоя к силе давления;

б) коэффициент трения качения, равный отношению силы трения качения к силе давления (с учетом веса катка или колеса);

в) коэффициент сцепления, равный отношению силы трения между колесами ведущих осей и рельсами к сцепному весу локомотива, т. е. весу, приходящемуся на ведущие колеса;

г) коэффициент тяги, определяемый отношением силы тяги к силе тяжести;

д) коэффициент сопротивления движению, равный отношению силы сопротивления к силе давления.

Под силой сопротивления в данном случае следует понимать все силы, препятствующие движению.

Обязательным для учащихся является знание только одной формулы $|\vec{F}_{\text{тр, max}}| = \mu |\vec{N}|$, или $\mu = \frac{|\vec{F}_{\text{тр, max}}|}{|\vec{N}|}$.

В ознакомительном и сравнительном плане в общем виде желательно также дать учащимся понятие и о коэффициенте трения качения, поскольку это необходимо для объяснения движения колесного транспорта. Типичными являются следующие задачи:

Отвечая урок, ученик сказал, что сила трения качения меньше, чем сила трения скольжения. Всегда ли это верно? Ответ пояснить примером.

О т в е т. Трение качения возникает в результате деформации поверхности и катка (рис. 20.14), который все время как бы вкатыва-

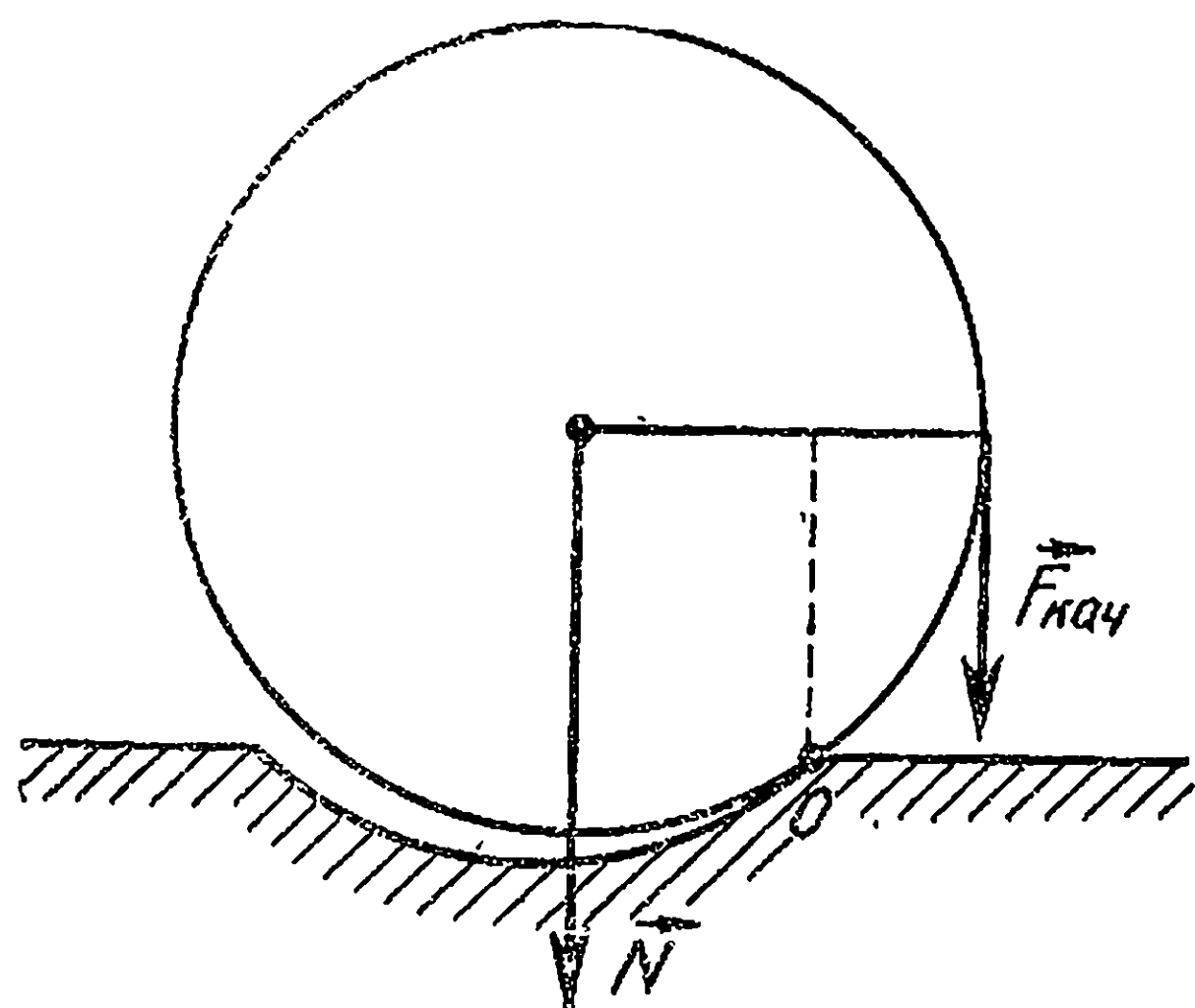


Рис. 20.14

ется на горку, возникающую перед ним. Трение качения малó, если указанные деформации незначительны (качение стальных колес вагона по стальным рельсам). Если же деформации значительны (рыхлая земля, песок, снег), то трение качения может оказаться больше трения скольжения (по снегу сани тянуть легче, чем телегу).

Автомобиль массой 1 т едет со скоростью 72 км/ч по горизонтальной дороге. С каким ускорением будет двигаться

автомобиль с выключенным двигателем и каков его тормозной путь при силе трения 500 Н?

Решение. Выполняем схематически чертеж, подобный рисунку 18.14, указывая на нем действующую на автомобиль силу $\vec{F}_{\text{тр}}$ и направление скорости \vec{v} . За систему отсчета принимаем Землю. Положительное направление оси x считаем совпадающим с направлением скорости \vec{v} . Направление ускорения \vec{a} совпадает с направлением силы $\vec{F}_{\text{тр}}$. Направление ускорения можно также определить по формуле $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t}$, где \vec{v} и \vec{v}_0 — соответственно конечная и начальная скорости через малый промежуток времени Δt . Направление ускорения противоположно направлению скорости \vec{v}_0 .

По второму закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$. Проецируя векторы на ось x , получаем:

$$-F_{\text{тр}} = -ma; a = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \frac{500 \text{ Н}}{1000 \text{ кг}} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$s = \frac{mv_0^2}{2|\vec{F}_{\text{тр}}|}; v_0 = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с};$$

$$s = \frac{1000 \text{ кг} \cdot \left(20 \frac{\text{м}}{\text{с}}\right)^2}{2 \cdot 500 \text{ Н}} = 400 \text{ м}.$$

Затем задачи могут быть усложнены. В их условии может задаваться, например, не сила трения, а коэффициент трения и масса тела, сопоставляться трение скольжения и качения и т. д.

Решая задачу о том, может ли электровоз массой 132 т, все колеса которого ведущие, везти по горизонтальному участку пути состав массой 200 т, ученик ответил, что электровоз легче состава и согласно формуле $|\vec{F}_{\text{тр}}| = \mu |\vec{N}|$ он не сможет стронуть его с места. Верен ли ответ ученика?

Решение. Силу тяги электровоза определяют по формуле $|\vec{F}_э| = \mu_1 |\vec{P}_1|$, где $\mu_1 = 0,20$ — коэффициент сцепления, соответствующий коэффициенту трения покоя колес электровоза о рельсы, а \vec{P}_1 — сцепной вес, т. е. вес электровоза, приходящийся на ведущие колеса. Сила же трения для всего поезда весом \vec{P}_2 определится по формуле $|\vec{F}_{тр}| = \mu_2 |\vec{P}_2|$, где μ_2 — коэффициент трения качения, $\mu_2 = 0,005$.

$|\vec{F}_э| = 2,6 \cdot 10^5 \text{ Н}; |\vec{F}_{тр}| = 2 \cdot 10^5 \text{ Н}.$ Электровоз может везти состав.

В связи с решением этой задачи следует пояснить учащимся, что на ведущие колеса в горизонтальной плоскости действует сила трения покоя (скольжения), движущая поезд, и сила трения качения, препятствующая движению. На опорные колеса действует только сила трения качения. Следовательно, для колес локомотива трение покоя полезно, а трение качения вредно. Аналогичные замечания можно сделать и применительно к действию сил трения на колеса автомобиля.

На движение тел под действием сил трения жидкостей и газов решают в основном качественные и экспериментальные задачи [51, № 371, 372]. Полезно также решение следующей творческой экспериментальной задачи:

Придумать опыт, показывающий, как изменяется сила трения, действующая на тело в жидкости, при увеличении его скорости.

Решение. Для опыта можно использовать следующий прибор (рис. 20.15). В бюретке 1, наполненной маслом или водой, подвешивают на чувствительном динамометре 2 металлический шарик 3.

Открыв кран, обнаруживают, что показания динамометра сначала увеличиваются скачком на некоторую величину ΔF в результате действия на шарик сил вязкого трения, вызванного движением жидкости, а затем плавно убывают, что объясняется уменьшением скорости вытекания жидкости по мере уменьшения гидростатического давления. Определив по делениям бюретки с помощью секундомера скорость понижения уровня жидкости для ее верхнего и некоторого среднего положения, находят, что $|\vec{F}_{тр}| \sim v$.

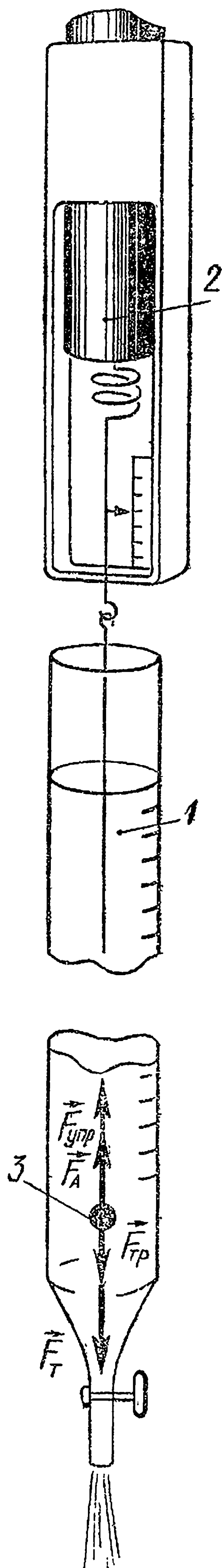


Рис. 20.15

Заметим, что данная зависимость справедлива только при малых скоростях. При больших скоростях $|\vec{F}_{\text{тр}}| \sim v^2$. Кроме того, сила трения зависит от формы тела и площади лобового сопротивления.

В ознакомительном плане указанные сведения можно дать при решении следующей задачи:

* Силу сопротивления воздуха, действующую на тело, движущееся со скоростью \vec{v} , вычисляют по формуле $|\vec{F}| = \beta S v^2$, где S — площадь лобового сопротивления, а β — коэффициент обтекаемости воздуха. Рассчитать силу сопротивления воздуха для гоночного обтекаемого автомобиля и мотоцикла с коляской, движущихся со скоростью 72 км/ч, если соответственно $\beta_a = 0,1 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$; $\beta_m = 0,8 \text{ Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}^4$; $S_a = 1,5 \text{ м}^2$; $S_m = 1 \text{ м}^2$.

О т в е т. $|\vec{F}_a| = 60 \text{ Н}$, $|\vec{F}_m| = 320 \text{ Н}$. $|\vec{F}_m|$ превышает $|\vec{F}_a|$ более чем в 5 раз, хотя $S_a > S_m$.

7. Движение тел и системы тел под действием нескольких сил

При изучении предыдущего материала рассматривалось главным образом идеализированное движение одного тела под действием какой-либо одной силы.

Дальнейшая задача — рассмотреть более сложные и часто встречающиеся в жизни случаи движения тела или системы тел под действием нескольких сил.

Первоначальное понятие о применении второго закона Ньютона к движению тела под действием нескольких сил учащиеся получили ранее [4, § 29]. При этом использовался главным образом метод нахождения равнодействующей сил, действующих на тело.

При изучении данного раздела основное внимание должно быть уделено общим методам: замене векторных уравнений скалярными путем проецирования векторов на избранные оси координат.

Дальнейшее усложнение заключается в рассмотрении движения системы тел.

Применяя законы движения Ньютона к системе тел, нужно иметь в виду следующее. Изменение положения системы тел (точнее, положения ее центра массы) могут вызвать только внешние силы. Именно эти силы и входят в формулу второго закона Ньютона: $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$. Внутренние силы могут только вызвать перемещение одних частей системы относительно других. В общем случае при решении задач о движении системы тел второй закон Ньютона применяют к различным телам системы, стараясь получить столько независимых уравнений, сколько неизвестных. Таким образом, сложная задача распадается на ряд простых задач по применению второго закона Нью-

тона к отдельным телам. Если уравнений оказывается недостаточно, то используют и другие законы: закон трения, формулы кинематики и т.д.

Применим сначала перечисленные правила к решению задачи, в которой силы действуют по одной прямой:

Через блок машины Атвуда (рис. 20.16) перекинута нерастяжимая нить, на которую подвешены тела массами $m_1 = m_2 = 200$ г. Каково будет ускорение тел и натяжение нити, если на правое тело положить перегрузок массой $m_3 = 100$ г? Трением пренебречь; $|\vec{g}| = 10$ м/с².

Решение. Запишем второй закон Ньютона для первого тела.

Подобную частную задачу мы уже решали ранее, о чем следует напомнить учащимся:

$$\Sigma \vec{F} = m_1 \vec{a}_1; \quad \vec{F}_H + \vec{F}_1 = m_1 \vec{a}_1.$$

Ось координат направим по нити и примем направление вверх за положительное.

В проекциях на вертикальную ось уравнение принимает вид: $F_H - m_1 |\vec{g}| = m_1 a_1$, откуда

$$F_H = m_1 (|\vec{g}| + a_1). \quad (1)$$

Это уравнение содержит две неизвестные величины F_H и a_1 .

Аналогично применим второй закон Ньютона к телам массами m_2 и m_3 , движущимся как одно целое:

$$\vec{F}'_H + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 = (m_2 + m_3) \vec{a}_2;$$

$$\vec{F}_H = \vec{F}'_H; \quad |\vec{a}_2| = |\vec{a}_1| = |\vec{a}|;$$

$$\vec{F}_2 = m_2 \vec{g}; \quad \vec{F}_3 = m_3 \vec{g}.$$

В проекциях на ту же ось эти уравнения запишутся в виде

$$F_H - m_2 |\vec{g}| - m_3 |\vec{g}| = -(m_2 + m_3) a;$$

$$F_H = (m_2 + m_3) (|\vec{g}| - a). \quad (2)$$

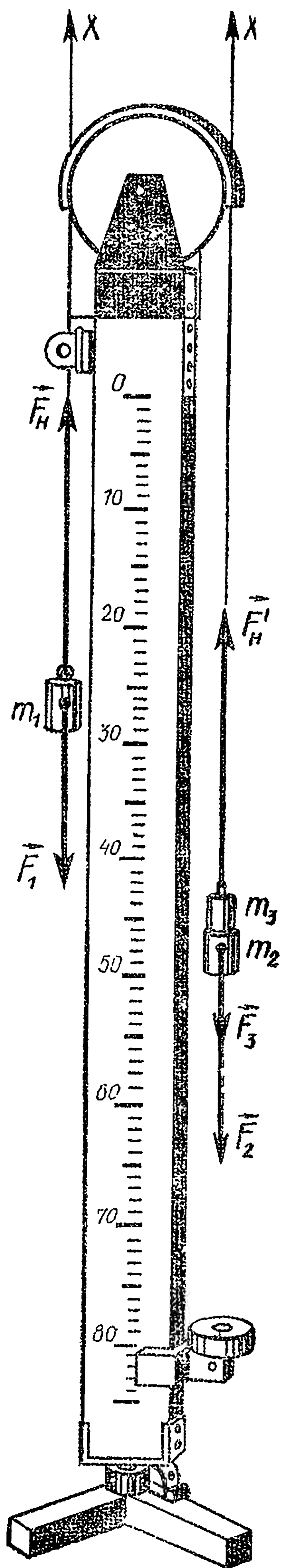


Рис. 20.16

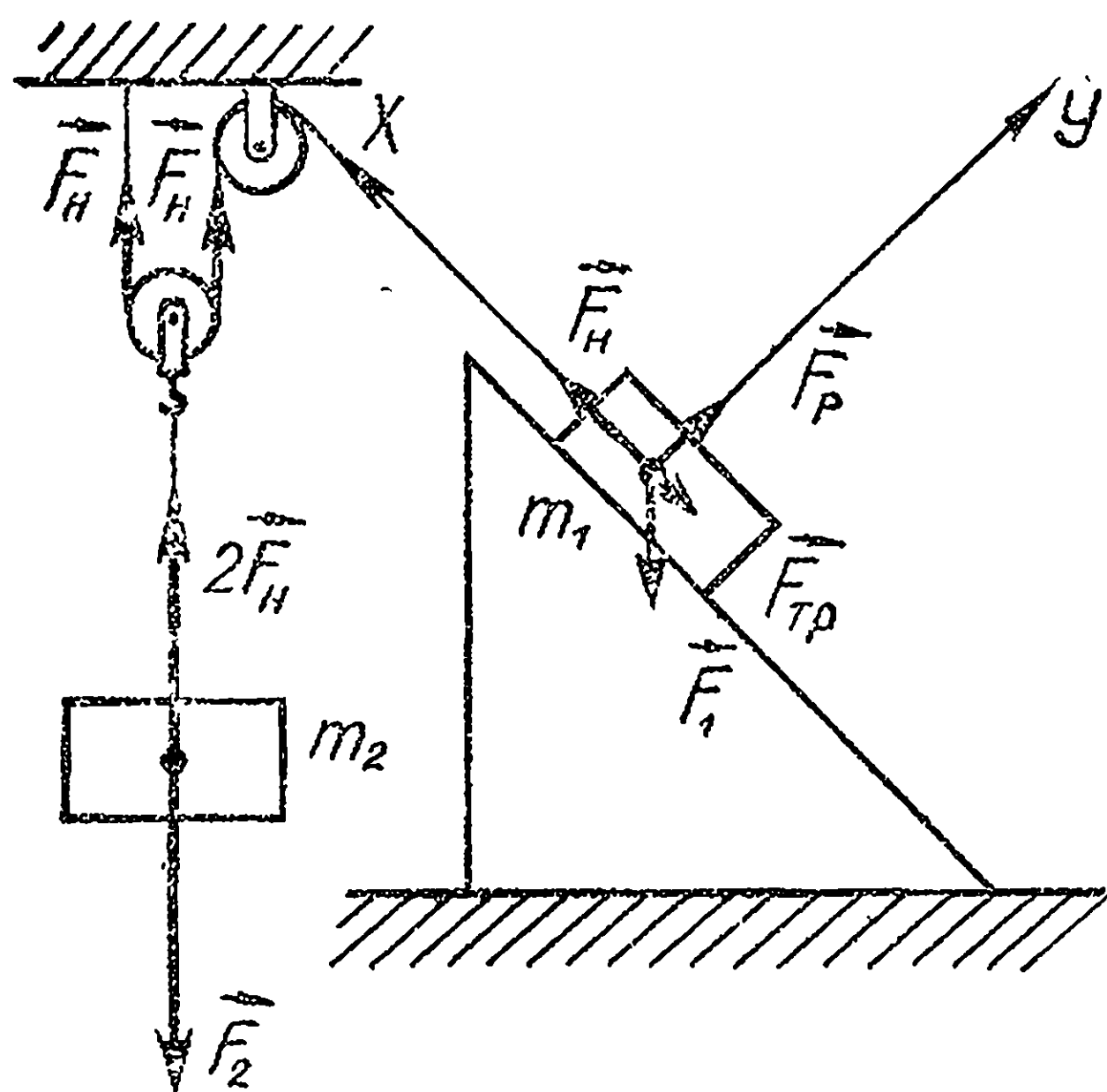


Рис. 20.17

Решая систему уравнений (1) и (2), найдем искомые величины: $a = 2 \text{ м/с}^2$; $F_H = 2,4 \text{ Н}$.

При решении задач, в которых на тело действуют силы, направленные под углом друг к другу, следует сначала напомнить или решить несложные задачи, подобные рассмотренным ранее.

Затем решают более сложные задачи, в том числе задачу о движении тела по наклонной плоскости. Она подробно рассмотрена в учебнике [4, § 50].

При повторении в VIII классе, а также в X классе при подготовке учащихся к экзаменам можно рассмотреть комбинированные задачи, подобные приведенной ниже:

* Два тела, имеющие массы $m_1 = 10 \text{ кг}$ и $m_2 = 25 \text{ кг}$, подвешены на блоках (рис. 20.17). Найти натяжение нитей. Трением в блоках и массой блоков пренебречь. Угол наклона плоскости $\alpha = 45^\circ$. Коэффициент трения $\mu = 0,1$; $|\vec{g}| = 10 \text{ м/с}^2$.

Решение. Данная сравнительно сложная задача распадается на две более простые: задачу о весе тела массой m_2 , движущегося с ускорением [4, § 45], и задачу о движении тела массой m_1 по наклонной плоскости под действием нескольких сил, направленных под углом друг к другу [4, § 50]. Будем считать, что эти частные случаи уже усвоены учащимися. Учтем также (в этом главная особенность и смысл задачи), что тела массами m_1 и m_2 движутся с разными ускорениями: \vec{a}_1 и \vec{a}_2 . За время t тело массой m_2 переместится на расстояние $\frac{s}{2} = \frac{a_2 t^2}{2}$, а тело на наклонной плоскости переместится на расстояние $s = \frac{a_1 t^2}{2}$, поэтому $a_2 = \frac{a_1}{2}$.

Предположим, что тело массой m_2 движется ускоренно вниз. По второму закону Ньютона

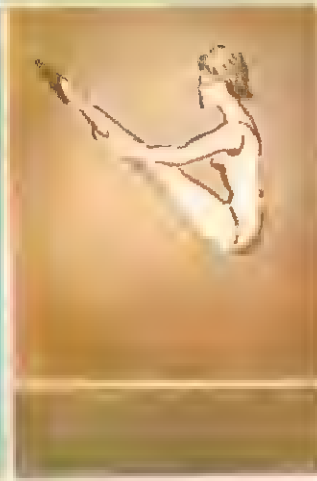
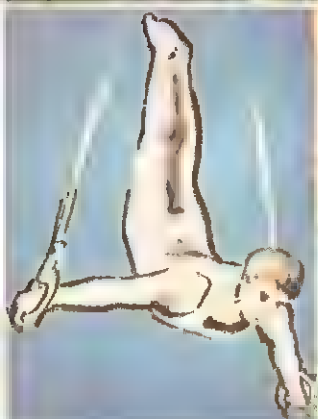
$$2\vec{F}_H + \vec{F}_2 = m_2 \vec{a}_2.$$

Спроецируем векторы на вертикальную ось, направленную вниз. Учтем также, что $\vec{F}_2 = m_2 \vec{g}$. Тогда

$$m_2 |\vec{g}| - 2F_H = m_2 a_2. \quad (1)$$

Уравнение (1) содержит две неизвестные величины F_H и a_2 . Поэтому придется рассмотреть и движение тела массой m_1 :





$$\vec{F}_H + \vec{F}_p + \vec{F}_1 + \vec{F}_{тр} = m_1 \vec{a}_1$$

$$(\vec{F}_1 = m_1 \vec{g}_1)$$

или в проекции на направление движения (ось x):

$$F_H - m_1 |\vec{g}| \sin \alpha - F_{тр} = m_1 a_1;$$

$$|\vec{F}_{тр}| = \mu |\vec{F}_p|. \quad (2)$$

Для определения \vec{F}_p запишем уравнение для тела массой m_1 в проекции на ось y , перпендикулярную наклонной плоскости:

$$F_p - F_1 \cos \alpha = 0, \text{ откуда } F_p = m_1 |\vec{g}| \cos \alpha.$$

Окончательно уравнение (2) примет вид:

$$F_H - m_1 |\vec{g}| \sin \alpha - \mu m_1 |\vec{g}| \cos \alpha = m_1 \cdot 2a_2. \quad (3)$$

Решив систему уравнений (1) и (3), найдем $F_H \approx 107 \text{ Н}$.

8. Движение тел на поворотах

Прежде чем рассматривать различные случаи движения тел на поворотах или закруглениях пути, нужно кратко повторить сведения о равномерном движении материальной точки по окружности. На примере вычисления первой космической скорости, движения лыжника (рис. 20.5, б) и т. д. еще раз обращаем внимание на то, что материальная точка по инерции «стремится» двигаться по касательной к траектории с неизменной скоростью, что наглядно подтверждается известным примером с полетом искры от наждачного точила. Если же на материальную точку под углом к направлению скорости действует сила, то траектория искривляется. В том случае, когда сила, перпендикулярная скорости, равна $\frac{mv^2}{R_1}$, тело движется по окружности радиуса R_1 . Если же сила окажется больше $\frac{mv^2}{R_1}$, то радиус R_2 окружности будет меньше R_1 . Если же сила меньше $\frac{mv^2}{R_1}$, то радиус R_3 будет больше R_1 . Примером может служить движение шарика на резиновой нити, вращаемого рукой (рис. 20.18). Шарик движется по раскручивающейся спирали до тех пор, пока сила упругости удлиняющейся нити $F_{упр} = -kx$ не достигнет значения $\frac{mv^2}{R}$ и не заставит его двигаться по окружности. После этого следует рассмотреть некоторые практически важные случаи движения тел на закруглениях пути. Изложение можно начать с постановки следующей проблемной демонстрации.

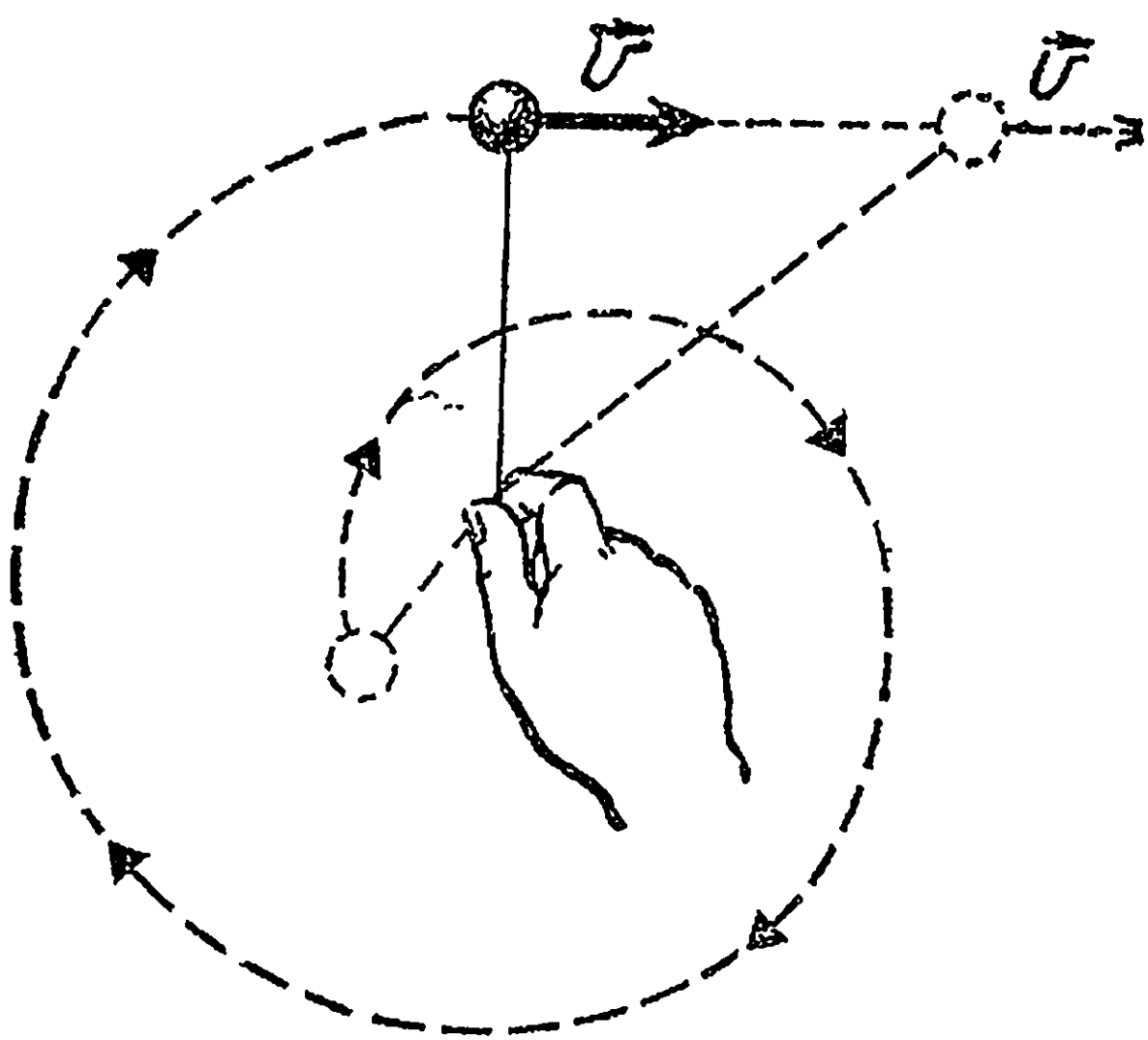


Рис. 20.18

На диске 1 (рис. 20.19), который может вращаться вокруг вертикальной оси MN , помещают фигурку 2, напоминающую своими контурами конькобежца. Фигурка может вращаться вокруг оси O , лежащей в плоскости диска и перпендикулярной радиусу R . Приводят диск во вращение и предлагают учащимся объяснить, почему конькобежец, если его поставить вертикально, опрокидывается в сторону, противоположную оси вращения MN .

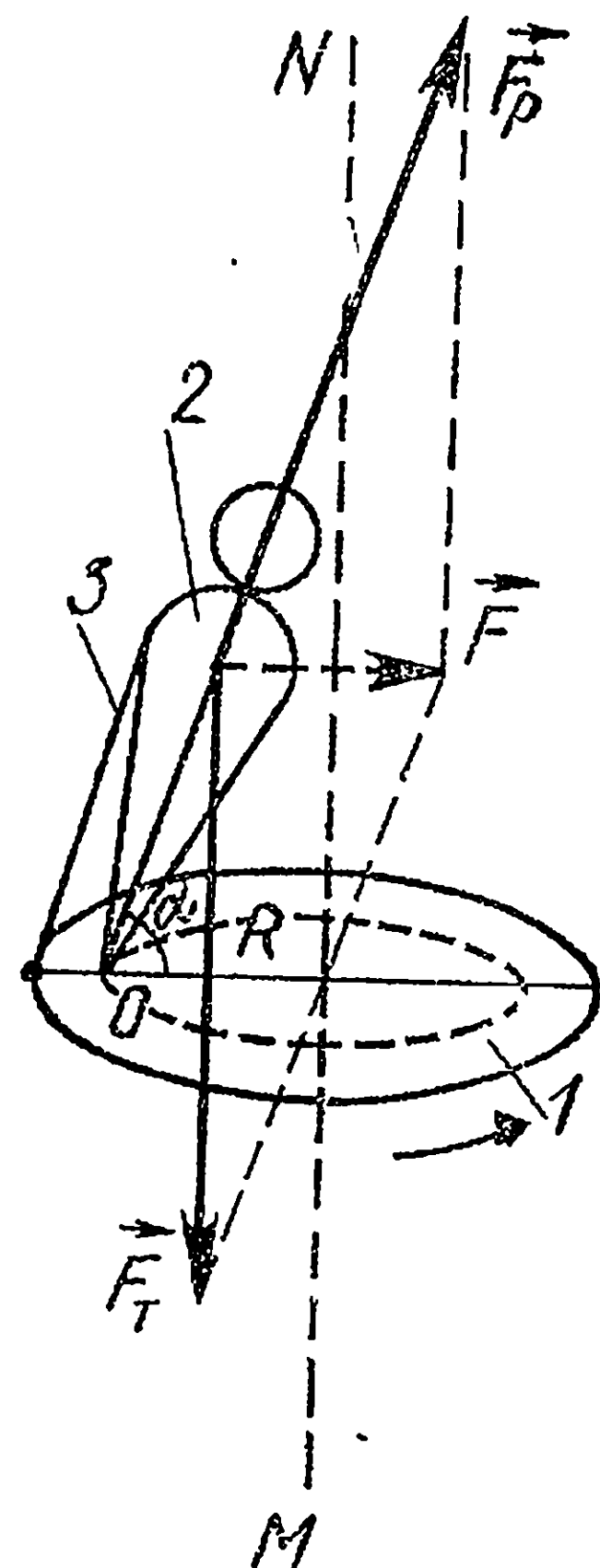


Рис. 20.19

Явление объясняют следующим образом. Точка O скреплена с диском, сила упругости которого и заставляет ее двигаться по окружности с ускорением $\frac{v^2}{R}$. Остальные же участки тела конькобежца

благодаря инертности (см. рис. 20.18) удаляются от оси, и фигурка опрокидывается.

Используя жизненный опыт учащихся, предполагают, что конькобежец, чтобы не упасть, должен наклоняться на вираже. После этого формулируют задачу:

Используя жизненный опыт учащихся, предполагают, что конькобежец, чтобы не упасть, должен наклоняться на вираже. После этого формулируют задачу:

Конькобежец движется со скоростью \vec{v} . Каков должен быть наклон тела, чтобы он не упал на вираже радиусом R ?

Выполнив чертеж, подобный рисунку 20.19, рассуждают следующим образом. Конькобежец движется по окружности, следовательно, он получает центростремительное ускорение $|\vec{a}_{\text{цс}}| = \frac{v^2}{R}$, вектор которого лежит в горизонтальной плоскости и направлен к оси MN . По второму закону Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}_{\text{цс}}$. На конькобежца действует сила тяжести со стороны Земли $\vec{F}_T = mg$ и сила реакции диска \vec{F}_p . Следовательно, в данном случае $\vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_p = m\vec{a}_{\text{цс}}$.

Как видно из рисунка 20.19, для того чтобы конькобежец при вращении располагался все время под углом α к горизонту, должно соблюдаться соотношение $\operatorname{tg} \alpha = \frac{|\vec{F}_r|}{|\vec{F}|} = \frac{|\vec{g}| R}{v^2}$.

На основе этой формулы можно пояснить, почему и на какой угол должен наклоняться конькобежец или велосипедист на вираже определенного радиуса. Чем больше модуль скорости v , тем меньше должен быть угол α (или больше наклон тела). А при одной и той же скорости конькобежец должен наклоняться тем больше, чем меньше радиус виража. Решение поясняют с помощью опыта.

Фигурку закрепляют в наклонном положении с помощью нити 3 и раскручивают диск до такой заранее подобранной скорости, чтобы после сгорания нити конькобежец остался в наклонном положении ¹.

С течением времени угловая скорость вращения диска уменьшается. Модуль силы \vec{F} становится больше $m\omega^2 R$, и конькобежец падает внутрь диска. Аналогично падает при малой скорости на вираже велосипедист.

Повторяют опыт, увеличивая частоту вращения диска и добиваясь того, чтобы конькобежец опрокинулся к краю диска. Явление объясняют тем, что сила \vec{F} по модулю стала меньше $m\omega^2 R$. Поясняют, что аналогичная картина наблюдается и с велосипедистом, который при недостаточном наклоне его тела или при скользкой дороге может упасть за обочину дороги. (Для конькобежца и велосипедиста сила, обеспечивающая центростремительное ускорение, обуславливается трением [4, § 52; 57; § 38].)

После экспериментальной задачи можно решить задачи о коническом маятнике; о вагоне, который движется на закруглении железнодорожного пути, и т. д., хорошо разобранные в учебнике и методических пособиях [4; 57; 51]. В качестве примера рассмотрим следующие задачи:

На какой угол от вертикали отклоняется груз центробежного регулятора (рис. 20.20), если длина стержней $l=15$ см, а ось регулятора вращается с частотой 120 об/мин?

Р е ш е н и е. В инерциальной системе отсчета «Земля»

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}; \quad \vec{F}_n + \vec{F}_r = m\vec{a}.$$

В проекциях на горизонтальную и вертикальную оси соответственно имеем:

$$F_n \sin \alpha = m\omega^2 R; \quad F_n \cos \alpha - m|\vec{g}| = 0,$$

¹ Нить у края диска для ее лучшего зажигания следует смочить спиртом или бензином.

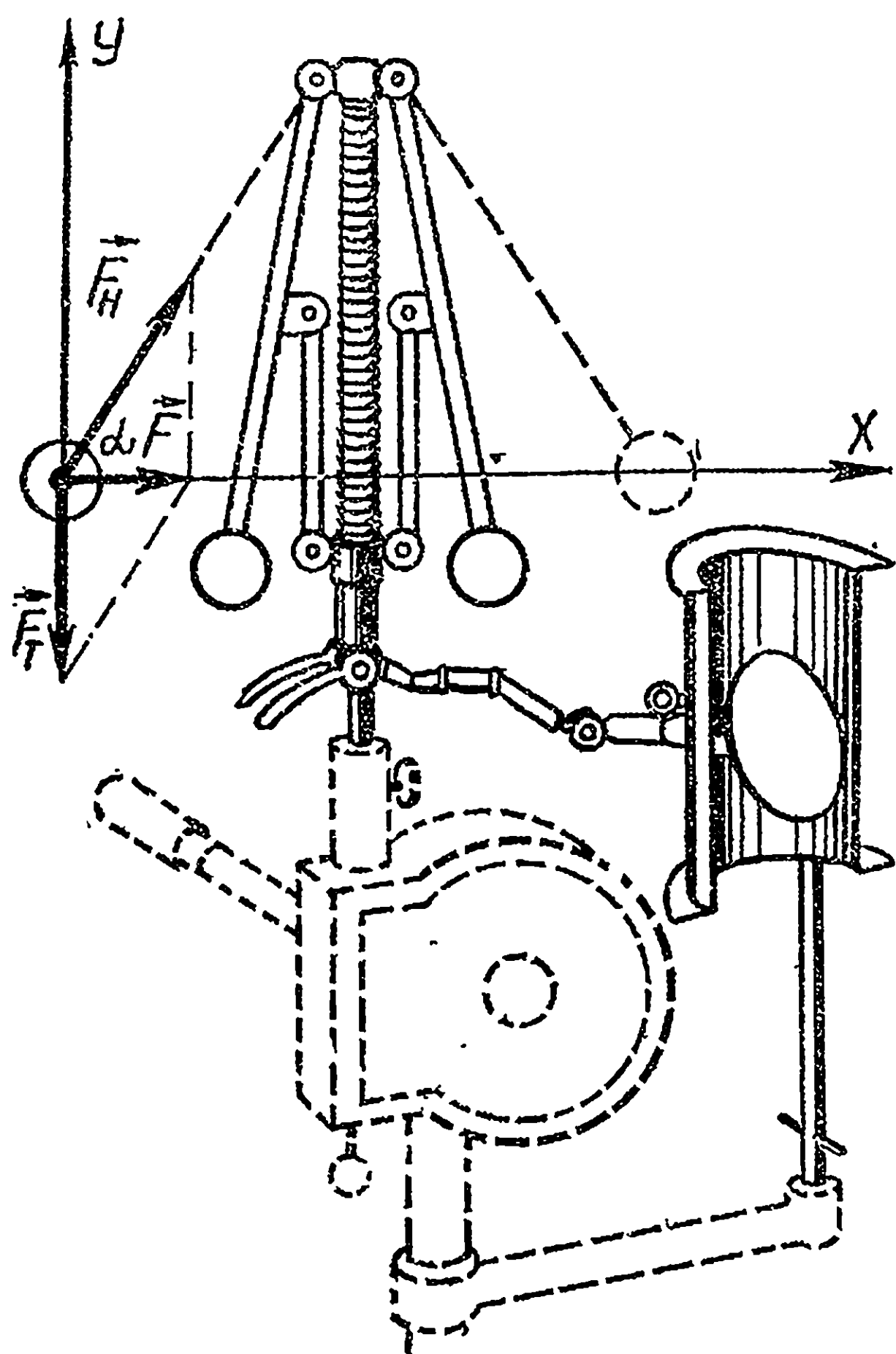


Рис. 20.20

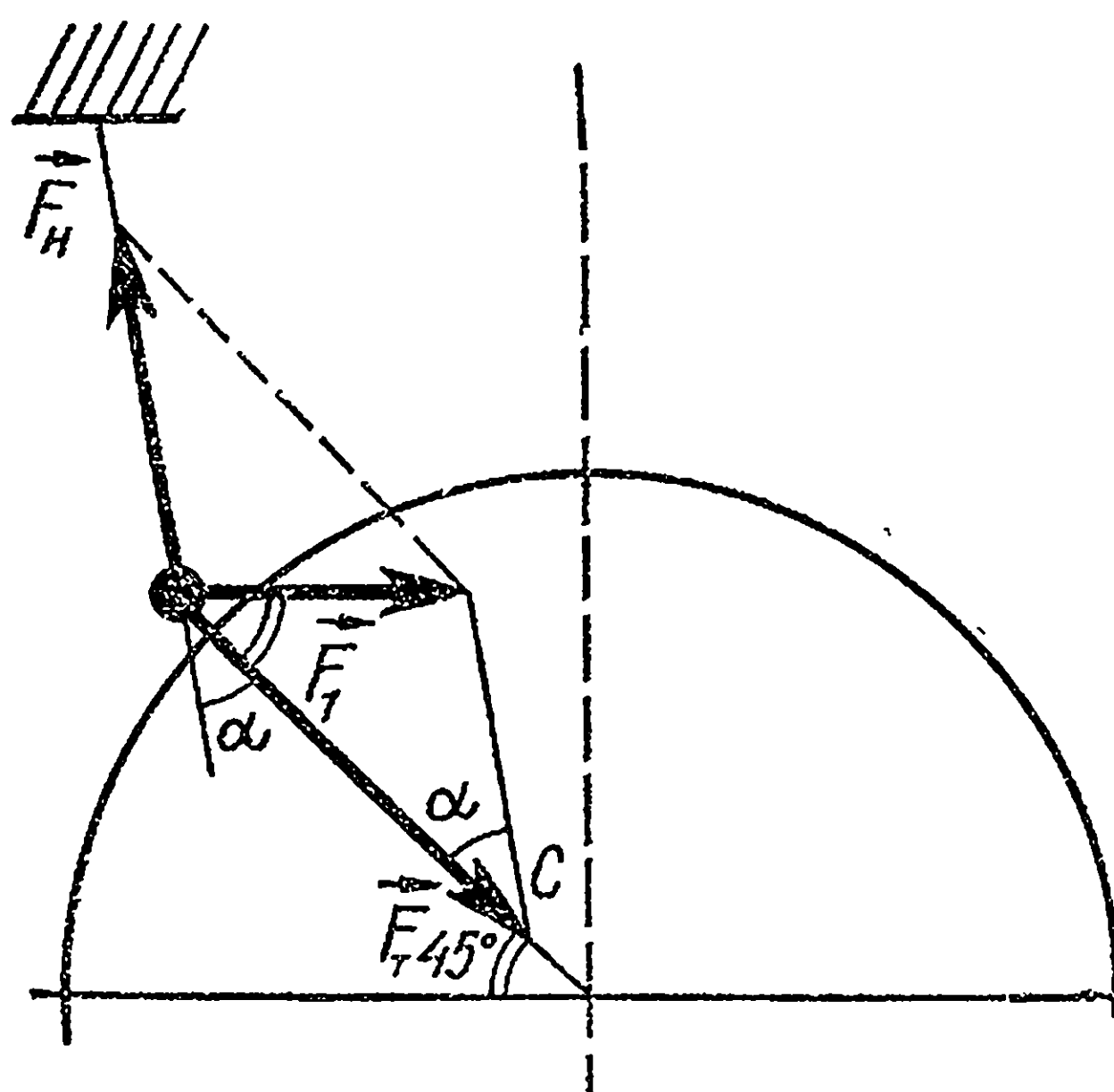


Рис. 20.21

откуда

$$\frac{\cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{|\vec{g}|}{\omega^2 R}; \quad R = l \sin \alpha.$$

Следовательно,

$$\cos \alpha = \frac{|\vec{g}|}{\omega^2 l} = \frac{|\vec{g}|}{4\pi^2 n^2 l};$$

$$\alpha = 65^\circ.$$

Показать на чертеже, как располагается отвес в средних широтах земной поверхности.

Решение. Примем за систему отсчета инерциальную систему, связанную с Солнцем.

На отвес (рис. 20.21) действуют сила тяготения \vec{F}_T и сила натяжения нити \vec{F}_H . По второму закону Ньютона $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, где

$$|\vec{a}| = \frac{v^2}{R}.$$

Ускорение направлено по радиусу малой окружности, которую описывает отвес при вращении вокруг земной оси на данной широте. Следовательно, равнодействующая силы тяготения и силы натяжения нити также направлена по радиусу перпендикулярно земной оси. Из этого следует, что силы \vec{F}_T и \vec{F}_H расположены под углом друг к другу и нить отвеса наклонена от радиуса Земли в направлении к экватору на некоторый угол α .

Так как угол α невелик (порядка нескольких минут), в первом приближении считают, что отвес направлен к центру Земли. (Масштаб сил на рис. 20.21 не соблюден.)

В политехнических целях следует также показать и рассмотреть принцип действия сушилки, центрифуги и т. д. [48, ч. 1, опыт 42; 57, § 39].

9. Принцип относительности Галилея. Инерциальные и неинерциальные системы отсчета

Подытоживая сведения о законах Ньютона, еще раз обращают внимание на важность выбора системы отсчета. Законы Ньютона, как уже было выяснено, с достаточной для большинства практических целей точностью выполняются в системе отсчета, связанной с Землей, а также в любой другой системе, движущейся относительно Земли равномерно и прямолинейно. Здесь может быть использовано описание Галилеем явлений, происходящих под палубой равномерно и без качки плывущего корабля [41, ч. 1, с. 158], фрагменты кинофильма «Законы Ньютона», в которых показываются явления в равномерно идущем поезде, и т. п. В итоге у учащихся должно быть сформировано понятие о том, что существует сколько угодно систем отсчета, называемых инерциальными, в которых все явления протекают одинаково в соответствии с законами Ньютона. Находясь в любой из этих систем, нельзя установить, покоится ли она или движется равномерно и прямолинейно. Это и есть принцип относительности Галилея.

Далее нужно показать, что существуют, однако, и такие системы, в которых законы Ньютона не выполняются. В учебнике [4, § 54] это поясняется на примере наблюдений за пассажиром, стоящим на роликах в ускоренно движущемся поезде. Взяв этот пример за основу, следует обстоятельно разъяснить, в чем именно в данной системе отсчета не соблюдается каждый из законов движения Ньютона. Для этого повторяют и анализируют формулировку каждого закона движения Ньютона и устанавливают, что в данном случае:

первый и второй законы несправедливы, так как хотя сумма сил, действующих на тело (пассажира) равна нулю, но оно не сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения: тело движется ускоренно;

не справедлив и третий закон, в котором говорится о взаимодействии по крайней мере двух тел; здесь же нельзя указать второго тела, которое действовало бы дополнительно на пассажира.

Наряду с рассмотренными в учебнике полезно привести и другие примеры отступления от законов Ньютона в неинерциальных, в том числе во вращающихся, системах: отклонение отвеса при ускоренном движении поезда, движение пассажиров в ту или иную сторону в зависимости от поворота транспорта и т. д.

На внеклассных занятиях и с учащимися, проявляющими повышенный интерес к физике, можно также рассмотреть приемы решения количественных задач в неинерциальных системах отсчета [51, № 401—406].

ЭЛЕМЕНТЫ СТАТИКИ

По новой программе физики в VIII классе тема «Элементы статики» изучается после раздела «Динамика». Это вполне оправдано с научно-методической точки зрения. Изучение статики, как известно, базируется на знаниях законов Ньютона и действиях с векторами. Основной задачей статики является изучение условий равновесия тел, которое может быть обосновано только на основе применения законов динамики.

Другая особенность темы состоит в политехнической направленности всего материала, при изучении которого учащиеся могут видеть непосредственное применение рассматриваемых закономерностей в практике, связь физики с техникой, с жизнью.

При изложении данной темы весьма наглядные и интересные по методическим идеям опыты можно показать с помощью набора по статике с магнитными держателями конструкции Б. С. Зворыкина. Большое место должно занять использование демонстрационных динамометров с прилагаемым комплектом деталей, прибора по равновесию и устойчивости тел и др. В некоторых случаях полезно приготовить самодельные приборы и модели.

Наконец, важна преемственность в изучении материала по статике в VI и VIII классах.

На тему программой отводится 8 ч, которые рекомендуем использовать следующим образом:

- 1-й урок. Понятие о статике. Равновесие тел при отсутствии вращения.
- 2-й урок. Равновесие тела с закрепленной осью вращения.
- 3-й урок. Вращающий момент. Правило моментов.
- 4-й урок. Лабораторная работа «Выяснение условий равновесия тел под действием нескольких сил».
- 5-й урок. Решение задач.
- 6-й урок. Центр тяжести. Лабораторная работа «Определение центра тяжести плоских фигур».
- 7-й урок. Устойчивость равновесия тел. Виды равновесия.
- 8-й урок. Равновесие тел на опорах.

1. Понятие о статике

Приступая к изложению темы «Элементы статики», целесообразно вначале выяснить, какую задачу решает статика и какова ее связь с динамикой.

С т а т и к а — часть механики, в которой изучается равновесие тел. Под равновесием понимают состояние покоя или равномерного прямолинейного движения тела, т. е. состояние движения, когда отсутствует ускорение. Причем равновесие под действием сил или равновесие сил, приложенных к телу, называют просто равнове-

сией тела. Приводим примеры равновесия тел: деревянный брусок, лежащий на столе, находится в равновесии (покой). Тот же брусок, движущийся равномерно по столу или наклонной плоскости, будет в равновесии. Рычаг под действием уравнивающих грузов находится в равновесии. Поезд, стоящий на станции, находится в равновесии. Этот же поезд находится в равновесии при равномерном движении по горизонтальному участку пути, когда сила тяги равна силе трения. Парашютист при равномерном спуске (с раскрытым парашютом) тоже находится в равновесии и т. д. Изучение статики имеет важное значение. Статика прежде всего позволяет определить условия равновесия разнообразных сооружений: зданий, мостов, арок, подъемных кранов и т. д. Статика позволяет дать ответ и на некоторые вопросы, касающиеся движения тел. Статика дает указания не только об условиях равновесия тел, но и о том, в каком направлении возникнет движение, если равновесие сил нарушено определенным образом.

2. Равновесие тел при отсутствии вращения

Возможны два подхода к методике изложения равновесия тел под действием сил: дедуктивный и индуктивный.

При дедуктивном методе рассматривают уже в самом начале общие условия равновесия тел ($\sum \vec{F}_i = 0$ и $\sum M_i = 0$), которые применимы ко всем случаям. Из них получают как следствие условия равновесия тел при отсутствии вращения ($\sum \vec{F}_i = 0$) и условия равновесия тел с закрепленной осью ($\sum M_i = 0$). При индуктивном методе отдельно изучают оба эти случая равновесия тел и затем делают обобщение. Первый способ изложения отличается компактностью и строгостью, но при первоначальном изучении воспринимается учащимися формально. Трудность усугубляется еще и тем, что новое понятие о моменте сил надо вводить на первом же уроке по статике, до изучения условия равновесия тел, что нарушает по существу систему изложения материала. Второй путь более доступный и естественный для учащихся.

В учебнике физики для VIII класса [4] изложение элементов статики дается преимущественно индуктивным методом. Напоминается учащимся, что всякое тело может двигаться поступательно и, кроме того, поворачиваться вокруг некоторой оси. Затем рассматриваются условия равновесия тел для этих двух видов возможного движения в отдельности. Материал же по каждому виду равновесия тел излагается дедуктивно. Следуя в основном этому методу, мы дадим некоторые дополнительные разъяснения и методические рекомендации.

Вначале рассматривают условие равновесия невращающихся тел, при этом обращают внимание учащихся на следующее. Найти условие равновесия невращающегося тела—значит определить, каким

требованиям (равенствам) должна удовлетворять равнодействующая всех приложенных к телу сил, т. е. чему должен быть равен результирующий вектор всех приложенных сил при покое или равномерном прямолинейном движении. Вспомнив формулу второго закона Ньютона $\Sigma \vec{F} = m\vec{a}$, где $\Sigma \vec{F}$ — равнодействующая сила, учащиеся самостоятельно приходят к выводу, что при равновесии (покое или равномерном прямолинейном движении) $\vec{a} = 0$. Следовательно, условием равновесия в этом случае является выполнение равенства $\Sigma \vec{F}_i = 0$, так как $m = \text{const}$. Формулируют вывод: *для того чтобы тело при отсутствии вращения находилось в равновесии, необходимо, чтобы равнодействующая всех сил, действующих на тело, была равна нулю.* Надо подчеркнуть, что при этом учитывают все силы, приложенные к телу, включая силы трения и реакции.

При решении задач от векторной формы записи формул переходят к скалярной. Для записи в скалярной форме учащимся предлагается воспользоваться известным им из динамики методом нахождения проекций сил на любую ось, например на ось x , и тогда $\Sigma F_x = 0$; или же на ось y : $\Sigma F_y = 0$, или на обе оси одновременно: $\Sigma F_x = 0$; $\Sigma F_y = 0$.

В ходе такого рассуждения учащиеся естественно приходят к выводу: *для того чтобы тело при отсутствии вращения находилось в равновесии, необходимо, чтобы сумма проекций всех сил на любую ось была равна нулю.* Экспериментальную проверку условия равновесия невращающихся тел осуществляют с помощью набора по статике с магнитными держателями.

Изучение условия равновесия сил закрепляют решением разнообразных задач [51, № 408—415]. Особенно тщательно должны быть разобраны задачи на кронштейн, так как они вызывают затруднения у учащихся.

3. Равновесие тела с закрепленной осью. Момент силы. Правило моментов

Данный вопрос можно изложить в проблемном плане. Перед разъяснением понятия момента силы и правила моментов полезно показать опыт, который бы привлек внимание учащихся к особенностям действия силы на тело, имеющее ось вращения. Для проведения такого опыта берут трубку, составленную из двух одинаковых по размерам половин, внутри которых имеются свинцовые вкладыши разной массы, расположенные так, как показано на рисунке 21.1, а. Обе половинки соединяют путем насаживания на общую пробку. Трубку серединой помещают на треугольную деревянную призму (рис. 21.1, б). Учащиеся наблюдают, что половина А перевешивает. Затем трубку разнимают на части, которые кладут на чашки весов.

При этом перевешивает половина B . Эти на первый взгляд противоречивые результаты привлекают внимание учащихся и становятся проблемой, требующей разрешения. Обычно в классе всегда находятся учащиеся, которые в общих чертах на основе знаний, полученных в VI классе, и жизненного опыта догадываются, в чем состоит секрет эксперимента. Это позволяет подчеркнуть мысль о том, что результат действия силы на тело, имеющее ось вращения, зависит от расстояния линии действия силы от оси. Затем учитель, используя конкретные примеры, переходит к рассказу о моменте силы. Учащимся, напри-

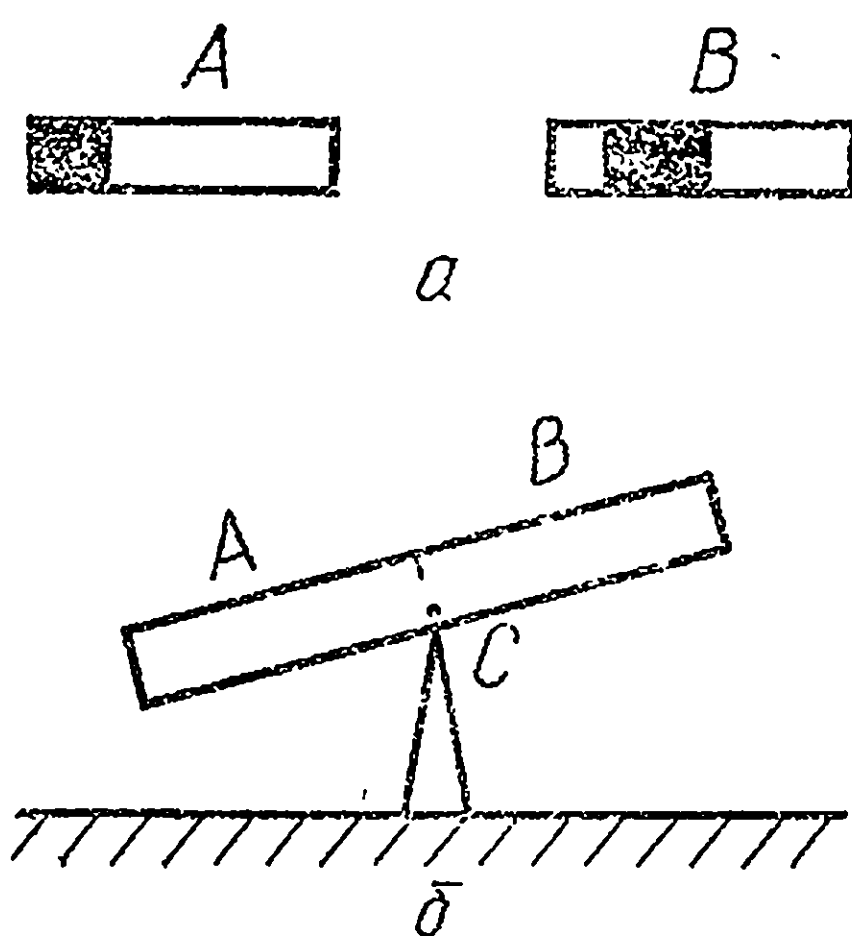


Рис. 21.1

мер, известно, что, когда велосипедист едет, он нажимает ногами сверху на педали (рис. 21.2). Чем дальше находится линия действия силы от оси педали, тем легче велосипедисту двигать ее с определенной скоростью. Если направление приложенной силы проходит через ось, то сила совсем не вызывает вращения, она только прижимает педаль к оси. Этот пример показывает, что действие силы на тело, вращающееся около неподвижной оси, зависит не только от того, какова эта сила, но также от того, на каком расстоянии от оси проходит прямая, совпадающая с направлением силы. Пример позволяет восстановить в памяти учащихся известное им из курса физики VI класса понятие *плечо силы* как кратчайшее расстояние между точкой опоры и прямой, вдоль которой действует на рычаг сила [10, с. 121]. Чем больше плечо силы (d , рис. 21.3), тем больше вращающее действие силы. Чтобы одновременно учесть и значение, и плечо силы, вводят понятие момента силы: моментом силы или вращающим моментом называют произведение модуля силы на плечо силы: $M = |\vec{F}| d$. Момент силы принято измерять в ньютонаметрах (Н·м).

Хорошей иллюстрацией сказанному может служить следующий опыт, в котором используется школьная модель домкрата. Прикрепляя к различным точкам демонстрационный динамометр, можно показать, что при действии одной и той же силы, приложенной к разным точкам рукоятки, возникает различный вращающий момент,

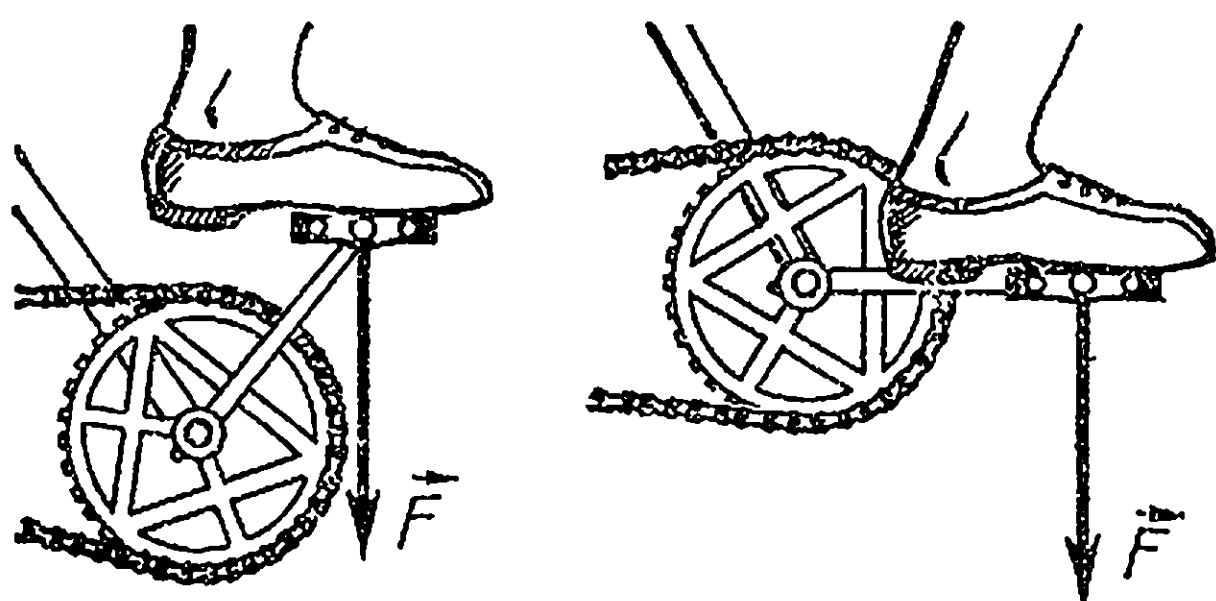


Рис. 21.2

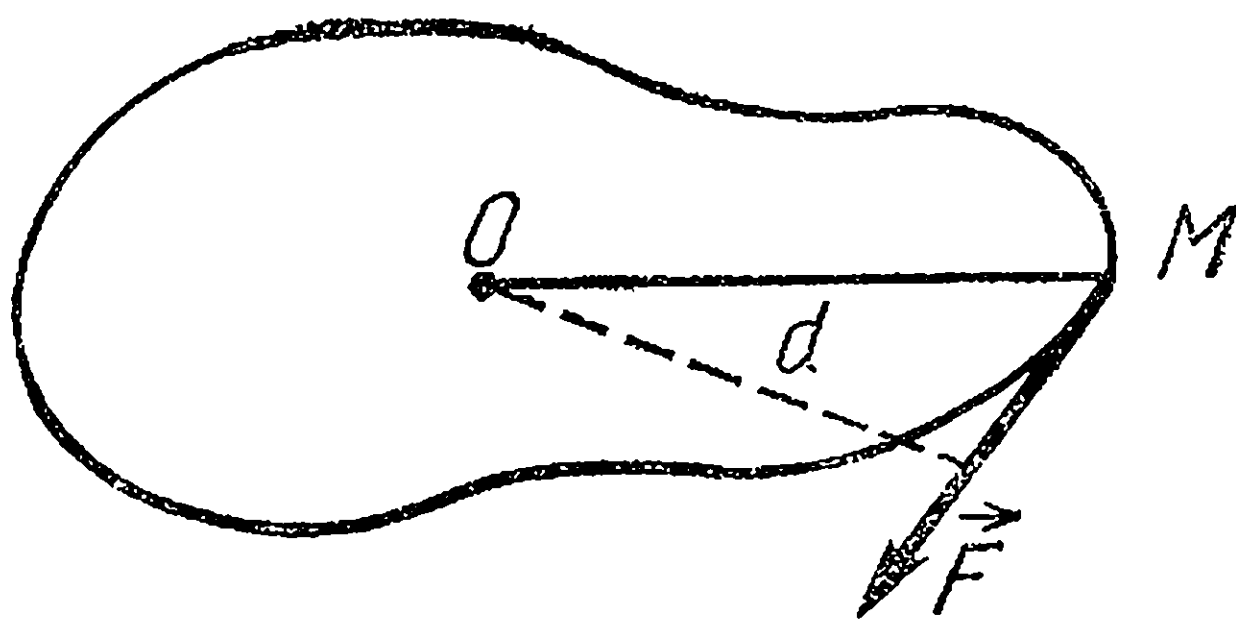


Рис. 21.3

а при очень малой длине совсем нельзя вызвать вращение рукоятки при данной силе. Прилагая разные по значению силы к одной и той же точке рычага, убеждаются, что момент силы зависит от ее модуля. Тот же самый вывод довольно просто и наглядно можно получить с помощью установки, изображенной на рисунке 21.4.

После этого предлагают учащимся ответить на следующие вопросы:

1. Почему легче отвернуть гайку длинным ключом, чем коротким?
2. Почему дверь легче открывается, если сила приложена к ручке, а не вблизи от петель?
3. Какие плечи имеют силы, изображенные на рисунке 21.5?
4. Каковы моменты сил, изображенных на рисунке 21.5?

Рисунок заранее выполняют на доске или на плакате. Вызывают одного ученика, он находит плечо для одной-двух сил, потом приглашаются другие ученики, каждый из которых находит плечи следующих двух-трех сил. Учащиеся выполняют решения в своих тетрадях. Такие упражнения позволяют намного ускорить подготовку учащихся к решению задач по статике.

При объяснении правила моментов сил (второго условия равновесия) необходимо провести опыты, подтверждающие его. Для демонстрации условия равновесия тела, имеющего закрепленную ось вращения, обычно используют фанерный диск с гвоздями. Для лучшей наглядности и быстрого измерения плеч сил рекомендуется применить демонстрационный метр (см. рис. 21.5). Измеряют приложенные силы, плечи, затем находят моменты сил, создающих вращение по часовой стрелке и против часовой стрелки. Сравнение их приводит к правилу моментов сил. Условие равновесия тела, имеющего ось вращения, полученное на основе проведенных опытов, можно сформулировать так.

Тело, имеющее ось вращения, находится в равновесии, если

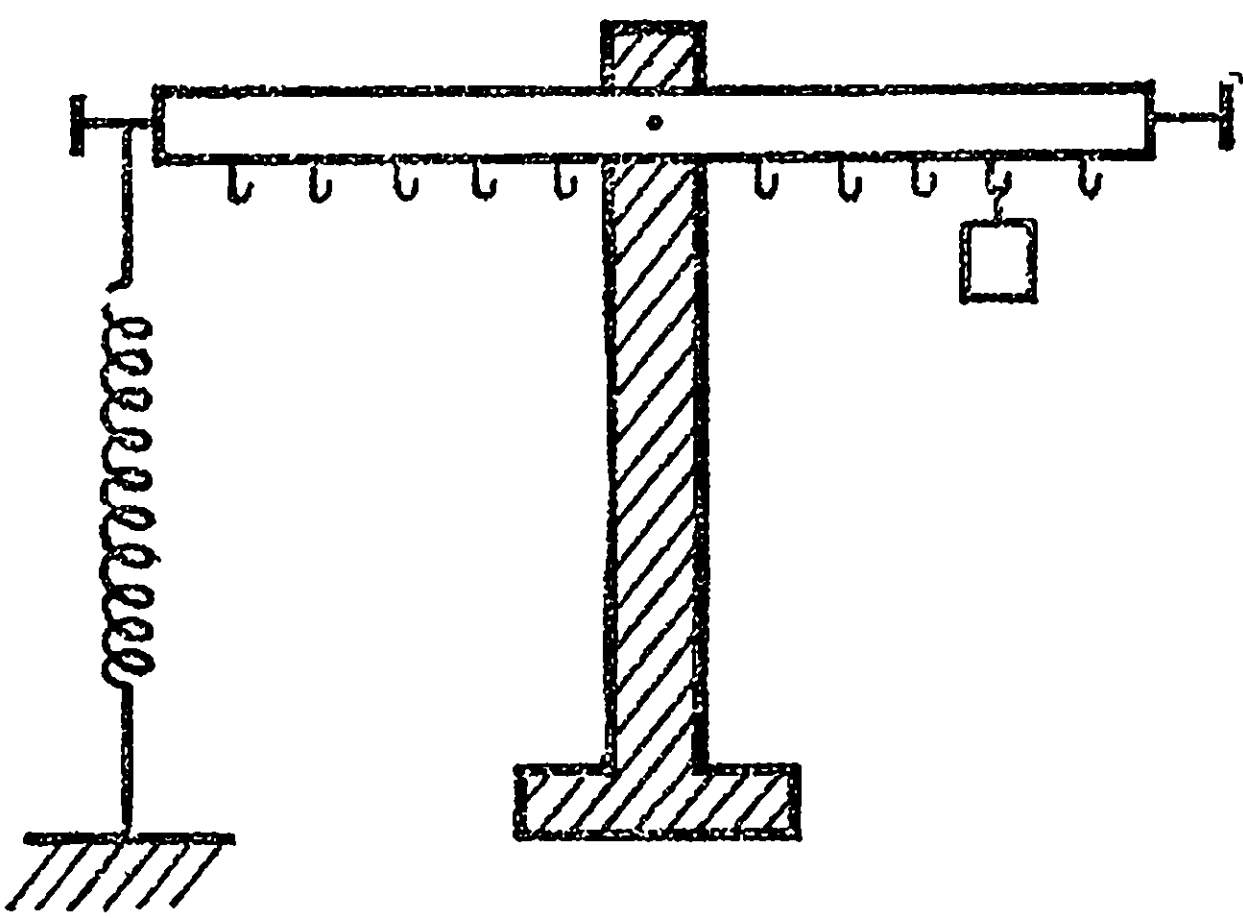


Рис. 21.4

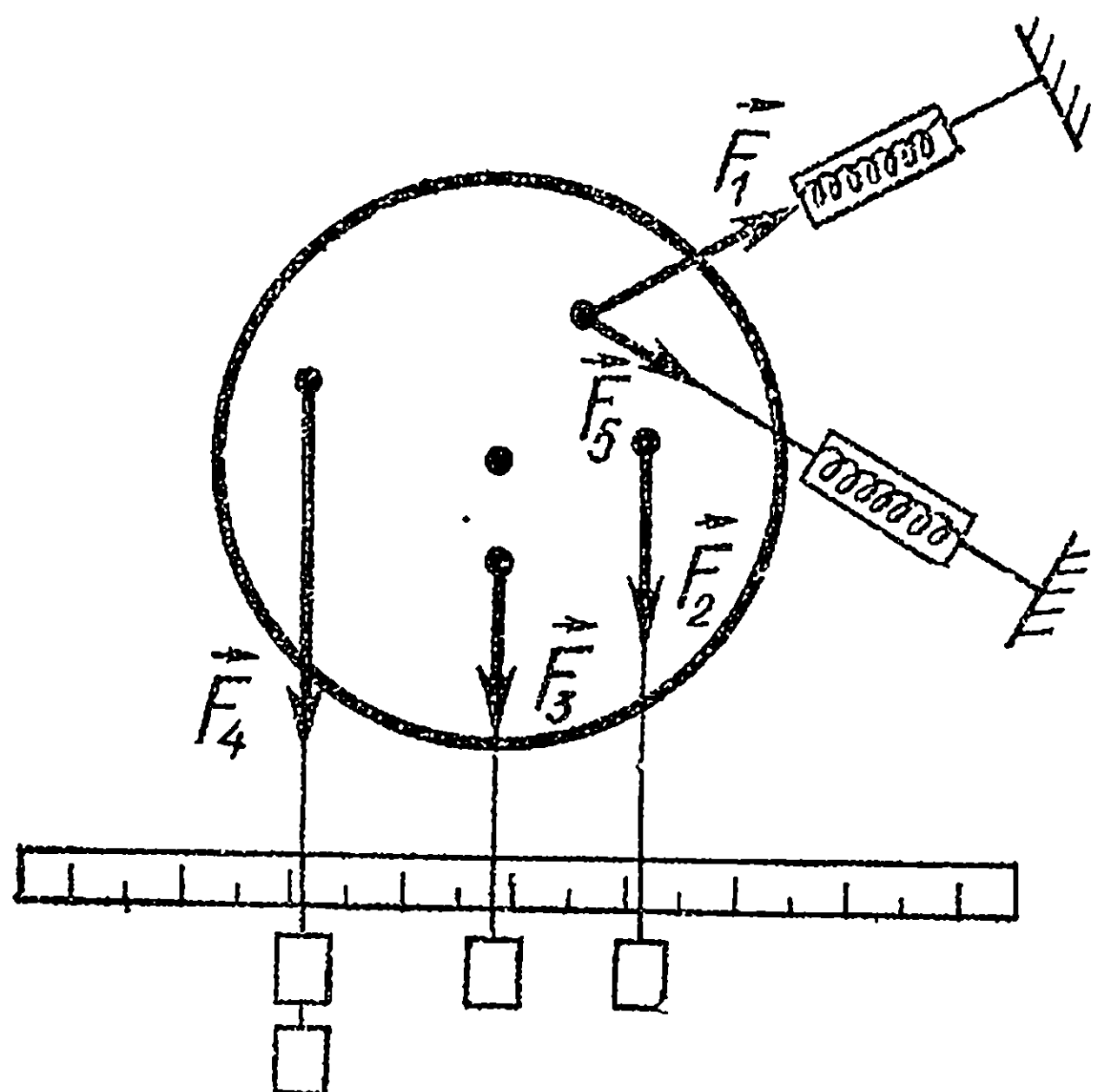


Рис. 21.5

сумма моментов сил относительно оси, вращающих тело по часовой стрелке, равна сумме моментов сил, вращающих тело против часовой стрелки. Или иначе: тело, имеющее ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов всех сил относительно оси равна нулю. В школе не дают понятие о векторе момента сил, поэтому сразу записывают скалярное уравнение $\sum M_i = 0$. Это уравнение справедливо для всех случаев равновесия и выражает необходимое условие равновесия тел. Причем условие равновесия справедливо относительно оси, проходящей через любую точку. Типичный пример решения такой задачи приведен в учебнике [4, § 57].

На основе анализа изученного материала по статике формулируют общие условия равновесия твердого тела, как это сделано в учебнике. Записывают уравнения: $\sum \vec{F}_i = 0$; $\sum M_i = 0$. Практика убеждает в том, что целесообразно приучать школьников пользоваться этими общими условиями равновесия твердого тела во всех случаях решения задач по статике. Какими именно условиями равновесия удобно пользоваться, зависит от конкретной задачи. Иногда можно легко решить задачу, используя только одно условие $\sum \vec{F}_i = 0$ или условие $\sum M_i = 0$, в других случаях необходимо применить оба условия. Подобные задачи рассмотрены в пособии [51] и в журнале «Квант»¹. Для закрепления материала рекомендуется решить задачи из учебника [4, упр. 37, № 1, 2] и из задачника [19, № 345—348]. На дом предлагаются аналогичные задачи, например № 349—350 из того же задачника.

По данному материалу желательно решить экспериментальные задачи, например из пособия [54]. После этого отдельный урок посвящается лабораторной работе «Выяснение условий равновесия тел под действием нескольких сил». Методические указания о постановке ее учитель найдет в книге под редакцией А. А. Покровского «Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе» [60]. В связи с выполнением лабораторной работы учащимся можно предложить решить самостоятельно ряд задач из задачника [19; 32].

4. Нахождение центра тяжести

В механике существуют два способа введения понятия о центре тяжести [1; 13; 15]. Первый из них, исторически разработанный раньше и внесенный во все учебники теоретической механики и некоторые курсы общей физики, основан на нахождении точки приложения равнодействующей элементарных параллельных сил тяжести, действующих на тело. По второму способу определение центра

¹ См.: Асламов Л. Г. Статика.— Квант, 1971, № 11.

тяжести тела трактуется как частный случай нахождения положения центра масс.

До перехода на новые программы в средней школе применялся преимущественно первый способ [11]. Он более доступен и легко усваивался учащимися, так как в разделе «Статика» изучалось сложение параллельных сил. Однако в современную программу физики средней школы понятие о параллельных силах и их сложении не входит. Поэтому нецелесообразно придерживаться старой методики изложения данного вопроса. Понятие о центре тяжести теперь следует разъяснять по второму способу, как это принято в стабильном учебнике [4, § 55]. Оно изучается в теме «Применение законов Ньютона». В теме «Элементы статики» уместно кратко повторить этот материал, подчеркнув еще раз различие данных понятий. Более общим понятием является центр масс. Понятие центра тяжести имеет смысл только для тела или системы тел, находящихся в поле тяжести. Поскольку центр тяжести совпадает с положением центра масс, то методы нахождения их одинаковы. Полезно напомнить, что центр масс, а следовательно, и центр тяжести геометрических фигур совпадает с их центром симметрии. Так, центр тяжести круга находится в его геометрическом центре, центр тяжести прямоугольника — в точке пересечения диагоналей и т. д. Используя это свойство, нетрудно доказать, что центр тяжести треугольника находится в точке пересечения медиан. Однако в телах произвольной формы нахождение центра тяжести затруднительно. Для этой цели применяют теоретические расчеты и экспериментальное нахождение центра тяжести. Поскольку теоретический метод связан с использованием интегрального исчисления, то он в школе не рассматривается. В связи с этим возникает вопрос: как найти опытным путем центр тяжести плоской фигуры произвольной формы? Объясняют общий метод на следующем опыте (рис. 21.6). Плоскую фигуру подвешивают в некоторой точке 1. При этом линия подвеса пройдет через центр тяжести тела. Затем тело подвешивают в другой точке 2. Новая линия

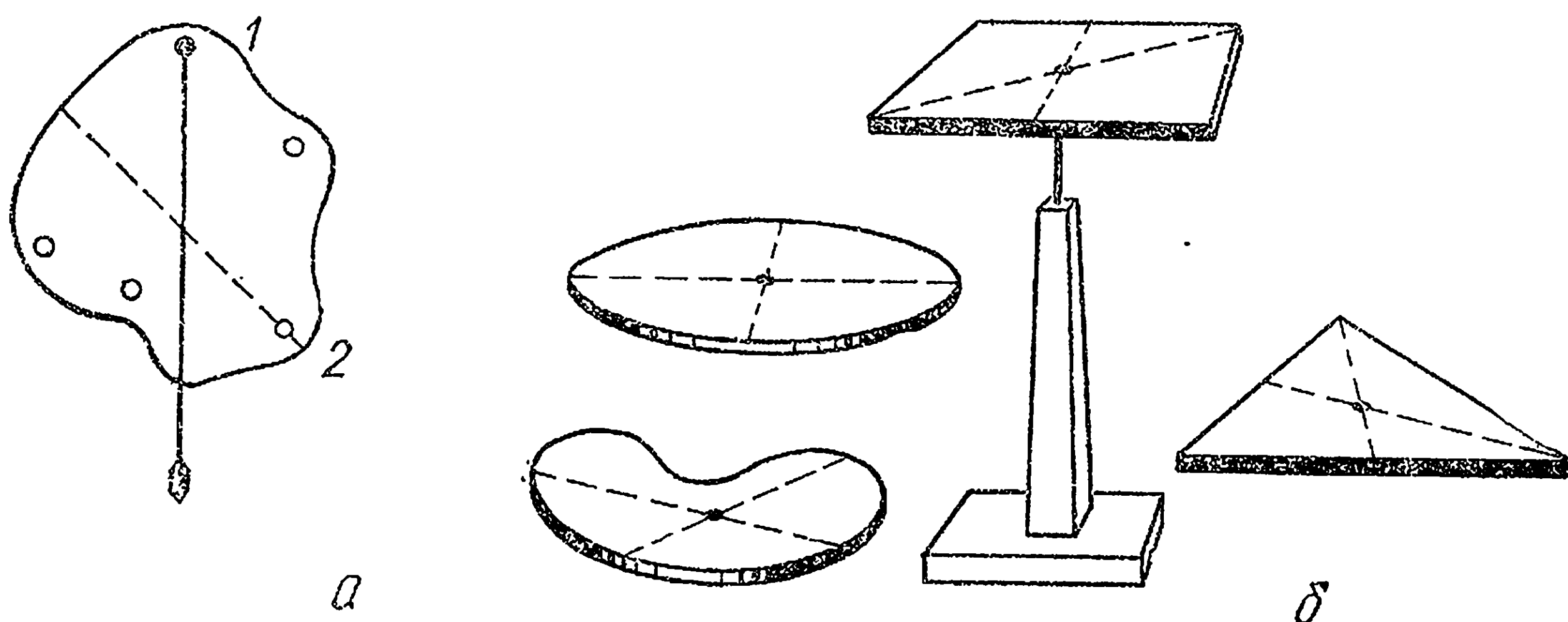


Рис. 21.6

подвеса пройдет также через центр тяжести пластинки. Следовательно, центр тяжести находится на пересечении двух линий подвеса. Если теперь тело подвесить за любую точку, то новые линии подвеса пройдут через точку пересечения первых двух. Желательно показать, что этот способ может быть применен также для определения центра тяжести объемного тела, например картофелины, свеклы. Для этого их протыкают спицей вдоль нити, на которой они висят, и, разрезав, обнаруживают, что все отверстия сходятся в одной точке — центре тяжести. Положение центра тяжести плоских фигур желательно также проверить, подпирая их на острие.

Учащимся нужно показать, что положение центра тяжести данного тела постоянно и не зависит от положения тела в пространстве. После этого учащиеся выполняют фронтальную лабораторную работу «Определение центра тяжести плоской пластины». Краткое описание ее имеется в учебнике физики для VIII класса [4]. Пользуясь им, учащиеся самостоятельно собирают установку и определяют центр тяжести данной плоской фигуры. Необходимые в этой лабораторной работе плоские фигуры произвольной формы обычно учитель и лаборант изготавливают заранее из плотного картона или фанеры. Некоторые методисты [60, с. 177] считают, что удобнее их сделать из светлого пластика. В этом случае фигуры лучше сохраняются, на них удобно проводить линии простым карандашом и затем легко стирать обычной резинкой. По краям фигуры полезно заранее просверлить несколько отверстий диаметром 1—1,5 мм.

Для закрепления знания учащимися материала о центре тяжести на уроке рекомендуем решить несколько задач [19, № 363—365]. Некоторые из них могут быть решены на уроке, другие — дома. Полезно предложить учащимся самостоятельно решить следующую задачу:

Как можно экспериментальным путем определить положение центра тяжести плоской фигуры, если ее неудобно (или невозможно) подвесить, например книги, стеклянной пластинки?

По этому и другим вопросам можно рекомендовать учащимся прочитать интересную книгу Е. Н. Соколовой «Центр тяжести» [89].

Наконец, обращают внимание на следующее. Нахождение центра тяжести тел является важной технической задачей, так как от положения центра тяжести зависит устойчивость мостов, плотин, зданий, телевизионных вышек, автомашин, ракет на старте и т. д.

Определение центра тяжести тела при конструировании и установке различных сложных машин, а также каждой детали и всего механизма имеет очень большое значение [1, 33]. Если даже в таком механизме, как обычные часы, соединить шестерни без учета их центров тяжести, общая работа шестеренок разладится, движение часового механизма нарушится и часы остановятся. Недостатки в центрировании частей больших машин могут вызвать аварию.

Вот почему для определения центра тяжести машин обычно пользуются точными математическими методами расчета и делают это еще в чертежах и схемах до того времени, когда деталь машины будет окончательно изготовлена.

5. Устойчивость равновесия тел. Виды равновесия

На этом уроке изучается устойчивость тел, имеющих точку опоры, и тел, имеющих закрепленную ось вращения. Вначале целесообразно разъяснить смысл термина *устойчивость*. Учащиеся знают, что тело находится в равновесии, если сумма сил, действующих на тело, и сумма моментов этих сил равны нулю. Обращают внимание на то, что на практике важен не только факт равновесия. Необходимо, чтобы равновесие было устойчивым, т. е. небольшие дополнительные воздействия на тело не смогли бы его вывести из равновесия. Когда же равновесие какого-либо сооружения может быть необратимо нарушено под влиянием небольших воздействий, оно называется неустойчивым (такое равновесие в ряде случаев опасно, ведет к разрушению тел). В связи с этим подчеркивают мысль: устойчивость тела имеет большое практическое значение. Устойчивость и прочность сооружения — это самое основное, например в строительном деле. Поэтому в технике придается большое значение разработке проблемы статической устойчивости машин и технических сооружений. Ряд ярких примеров приведен в учебнике [4, § 58] и в книге [1, 33]. Обсуждение их позволяет привлечь внимание учащихся к изучению видов равновесия тел и условий их устойчивости. Затем учитель на примере поведения шарика на вогнутой, выпуклой и горизонтальной поверхностях разъясняет учащимся виды равновесия (рис. 21.7). В ходе беседы учащиеся узнают два способа объяснения: с помощью нахождения модуля и направления равнодействующей всех приложенных к телу сил и с помощью определения положения центра тяжести. Для объяснения этого вопроса энергетический принцип здесь еще не используется, так как понятие об энергии рассматривается позднее.

Для демонстрации видов равновесия удобно применять самодельный деревянный желоб с вогнутой, выпуклой и горизонтальной частями (в который помещают шарик). Все три вида равновесия наглядно демонстрируются также с помощью конуса, поставленного на основание, вершину и боковую грань. Хорошие демонстрации видов равновесия тела, закрепленного в одной точке, описаны в «Элементарном учебнике физики» [16, с. 187, 188]. Эти опыты легко осуществить, применяя простой фанерный диск.

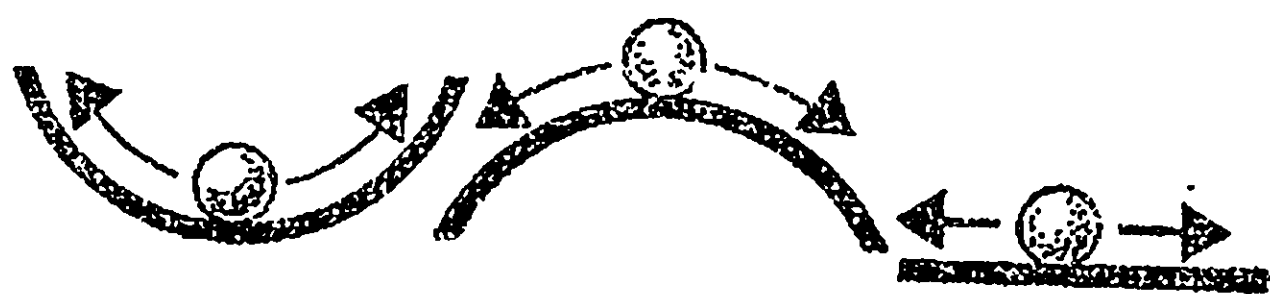


Рис. 21.7

Необходимо обратить внимание учащихся на следующее. Тело, закрепленное в одной точке, будет находиться в равновесии в том случае, когда центр тяжести тела расположен на одной вертикали с точкой закрепления, так как в этом случае линия действия реакции опоры совпадает с линией действия силы тяжести. В противном случае возникает вращающий момент вокруг указанной точки. Из этого делается заключение: тела, имеющие точку опоры или ось опоры, будут находиться в равновесии, если вертикаль, проведенная через центр тяжести, проходит и через точку опоры (или пересекает ось опоры). Далее выясняют, какое положение занимает центр тяжести в различных видах равновесия.

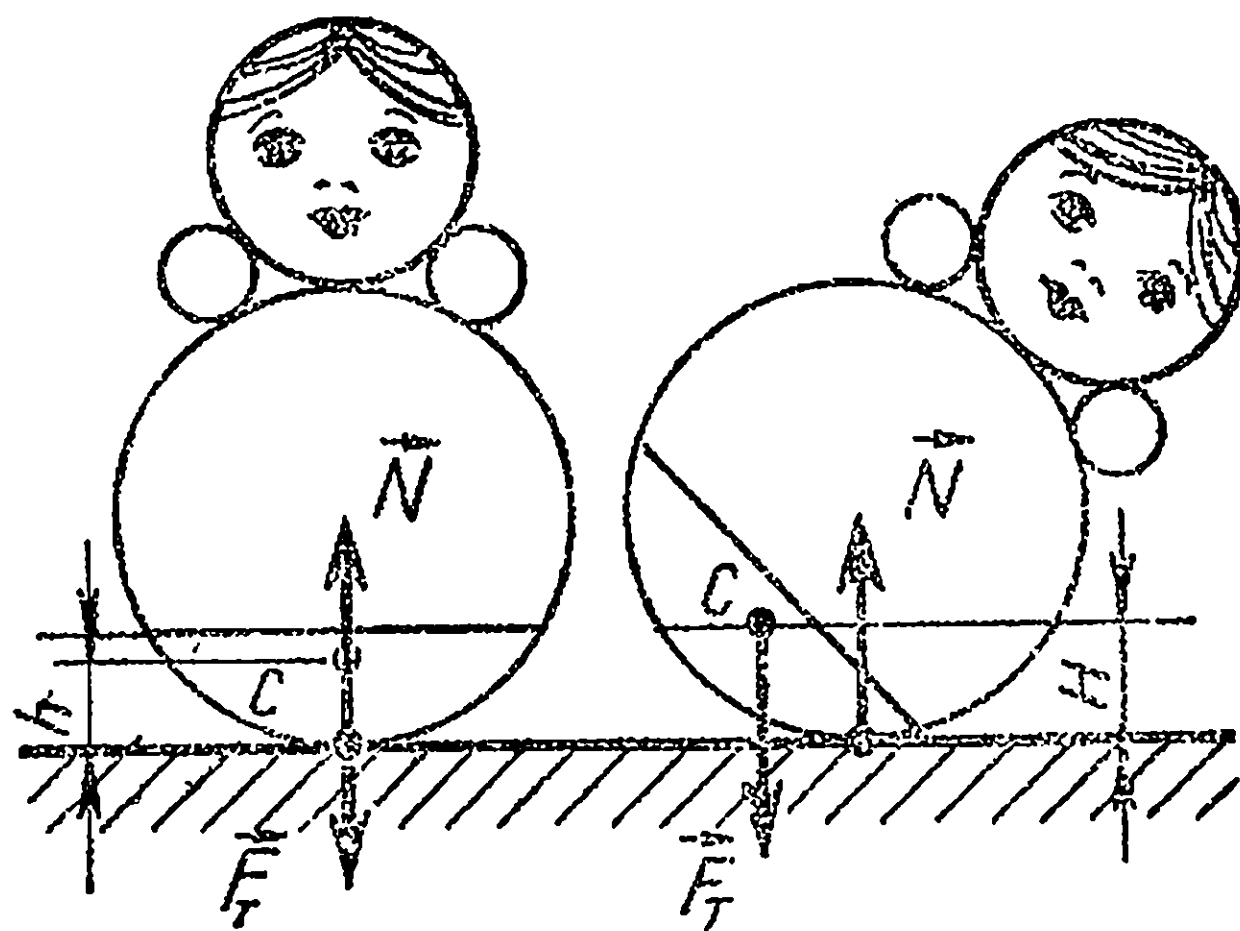


Рис. 21.8

Полезно сообщить учащимся, что практическое значение имеет не только устойчивое, но и безразличное равновесие. Приводят пример безразличного равновесия — тело, закрепленное на горизонтальной или наклонной оси, проходящей через центр тяжести этого тела. При повороте такого тела вокруг оси момент силы тяжести относительно оси все время остается равным нулю (вектор силы тяжести проходит через ось вращения), а тело остается в равновесии в любом положении. Этим пользуются для проверки правильности изготовления колес, якорей динамо-машин и т. д. Изученный материал о видах равновесия тел закрепляют решением качественных задач, например таких:

1. Почему поднимается кукла-неваляшка, если ее наклонить?

Ответ ясен из рассмотрения рисунка 21.8. Замстим, что когда неваляшка стоит вертикально, ее центр тяжести занимает наинизшее из возможных положений: $h \ll H$.

2. Почему двойной конус катится вверх (см. рис. 9.6, в)?

6. Равновесие тел на опорах

Изучение этого материала не предусмотрено программой физики VIII класса. Но ввиду важного его политехнического значения желательно изложить данный вопрос в ознакомительном плане. В жизни часто встречаются случаи, когда тело опирается на некоторую площадь. Площадь опоры имеют здания, балки, фабричные трубы, сельскохозяйственные машины, столы, стулья и другие тела. Каковы же условия устойчивого равновесия в этом случае?

На конкретных примерах с помощью демонстраций показывают, что как и в ранее рассмотренных случаях, равновесие будет устойчивым, если при отклонении от положения равновесия возникает момент силы, возвращающей тело в это положение. Яркие примеры приведены в учебнике [4, § 59 и упр. 38] и в книге [1, 33, с. 57—59]; их полезно разобрать с учащимися.

Содержание данной темы позволяет провести интересные и занимательные домашние лабораторные работы. Подробное описание их учитель найдет в книге С. Ф. Покровского [54]. Занимательные опыты и задачи могут быть с успехом использованы на физическом вечере по механике.

Г Л А В А 22

ИМПУЛЬС ТЕЛА.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Изучение в школьном курсе физики наиболее общих законов природы — законов сохранения импульса и энергии — не только имеет большое образовательное значение, но и способствует выработке у учащихся диалектико-материалистического мировоззрения, является мощным средством атеистического воспитания. Новая программа по физике уделяет этим вопросам большое внимание. Изучение этих законов в специальном разделе создает благоприятные условия для того, чтобы в процессе преподавания учитель мог подчеркнуть и довести до сознания учащихся специфику законов сохранения, их большую важность и особую роль в науке. Значение законов сохранения в школьном курсе механики состоит еще и в том, что во многих случаях решение задач на основе использования этих законов значительно быстрее приводит к цели и упрощает решение в сравнении с ранее изученными методами (например, на основе применения законов Ньютона или закона Гука и др.). К этому нужно добавить, что часто вид функций $F(x)$ и $F(v)$ установить весьма трудно (так, например, при упругом столкновении шаров силу упругости нельзя вычислить по формуле $F = -kx$, так как жесткость k при изменении деформации x тоже меняется). Тогда применение законов сохранения — единственно возможный путь решения задач. При решении задач по механике на основе законов сохранения отпадает необходимость в нахождении значений ускорения и силы. Используя понятие импульса, можно определять очень малые промежутки времени взаимодействия между телами, чего нельзя сделать непосредственным измерением. В этом состоит несомненное достоинство применения законов сохранения для решения задач. Значение изучения закона сохранения импульса не ограничивается механикой. Этот закон широко используется в ядерной физике и физике элементарных частиц.

На изучение темы «Импульс тела. Закон сохранения импульса» программой отводится 5 ч. Материал темы рекомендуем спланировать следующим образом:

1-й урок. Сила и импульс.

2-й урок. Закон сохранения импульса.

3-й урок. Решение задач.

4-й урок. Реактивное движение. Значение работ К. Э. Циолковского.

5-й урок. Успехи СССР в освоении космического пространства

1. Понятие об импульсе тела.

Сила и импульс

Понятие об импульсе тела может быть введено теоретически или на основе анализа результатов демонстрационных опытов [48]. В практике учителя применяют оба способа совместно. Вначале учитель обращает внимание учащихся на недостаточность знания законов Ньютона для решения некоторых важных задач механики и нацеливает их на искание иных путей решения подобных задач.

Предлагаем учащимся записать формулу второго закона Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$ и ускорения $\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$. После несложных преобразований ученики получают новую формулу

$$\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0. \quad (1)$$

Указываем, что величина $m\vec{v}$ в физике получила название импульс тела. Импульсом тела называется произведение массы тела на его скорость. Эта величина имеет важное значение не только в механике, но и в других разделах физики. Так как скорость — вектор, а масса — скалярная величина, то импульс тела — векторная величина. Импульс обозначается \vec{p} . Можно говорить об импульсе материальной точки, тела или системы тел. Обращаем далее внимание на следующее. Импульс тела массой m есть вектор, имеющий направление вектора скорости \vec{v} : $\vec{p} = m\vec{v}$. Единица импульса 1 кг·м/с (СИ).

Основной смысл импульса, как это видно из формулы (1), заключается в том, что при данных значениях произведения силы на время ее действия все тела получают одинаковое изменение импульса. Предлагаем учащимся привести несколько примеров для сравнений импульсов разных тел (медленно плывущая пылинка, движение большого океанского корабля, движение пули, реактивного самолета, спутника, автомашины и др.).

Импульс тела, как и скорость, — относительная величина, т. е. зависит от выбора системы отсчета.

Анализируя формулу (1), необходимо обратить внимание учащихся на следующий факт. Изменение импульса тела можно достичь различными способами: а) или действуя большой силой в течение малого промежутка времени, б) или действуя небольшой силой, но в течение продолжительного отрезка времени. Это свойство широко применяется в практике [1, 33; 80].

Формула $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$ позволяет ввести также понятие импульса силы. Импульсом силы называется произведение силы на время ее действия. Если сила не остается постоянной, то эта формула применима только для таких малых промежутков времени, за которые сила не успевает еще заметно измениться ни по модулю, ни по направлению. При большом изменении силы формулой $\vec{F}t = m\vec{v} - m\vec{v}_0$ также можно пользоваться, но в качестве силы следует тогда брать среднее значение силы за рассматриваемый промежуток времени. Подчеркиваем, что $\vec{F}t$ — это не просто математическое выражение, а величина, имеющая определенный физический смысл. Известно, что сила, приложенная к телу, может действовать в течение короткого или длительного времени (удар по мячу рукой или ракеткой, взлет ракеты, движение автоприцепа под действием силы тяги трактора или автомашины, движение катера по реке и др.). Так как результат действия силы зависит как от модуля силы, так и от времени ее действия, то для характеристики этого действия и вводится новая величина, зависящая от силы и времени и выражаемая через их произведение. Обе физические величины $m\vec{v}$ и $\vec{F}t$ связаны между собой равенством (1). Изменение импульса тела равно импульсу силы. Формула (1) есть иное, более общее выражение второго закона Ньютона. Именно в таком виде второй закон динамики был дан самим Ньютоном (гл. 18). Изменение импульса тела в единицу времени определяет силу $\vec{F} = \frac{\Delta(m\vec{v})}{t}$. Эта формула показывает,

что, для того чтобы остановить движущееся тело в течение определенного промежутка времени, например за 1 с, требуются разные силы в зависимости от импульса тела. Для остановки, например, медленно плывущей пылинки требуется ничтожная сила, а для остановки движущегося океанского корабля — громадная.

При решении задач формулу $m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}t$ записывают в проекциях на оси координат.

Для закрепления материала решают несложные задачи примерно такого содержания:

1. С какой скоростью должен двигаться автомобиль массой 2000 кг, чтобы его импульс был равен импульсу пешехода (масса человека 70 кг, скорость движения 1,25 м/с)?

2. Пуля массой 10 г летит со скоростью 800 м/с. Во сколько раз импульс пули меньше или больше импульса пешехода? (См. задачу 1.)

3. Металлический шарик массой 20 г, падающий со скоростью 5 м/с, ударяется упруго о стальную плиту и отскакивает от нее в прямо противоположном направлении с такой же по модулю скоростью. Найти импульс, приобретенный шариком, и среднюю силу, сообщавшую шарiku этот импульс, если соударение длилось 0,1 с.

Решение. В соответствии с формулой (1) имеем $m\vec{v} - m\vec{v}_0 = \vec{F}t$. $|\vec{v}| = |\vec{v}_0|$. Запишем это уравнение в проекциях на ось x , направленную вертикально вниз:

$$mv_0 + mv_0 = F_{\text{ср}} t.$$

Отсюда

$$F_{\text{ср}} = \frac{2mv_0}{t}; \quad F_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot 0,02 \text{ кг} \cdot 5 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{0,1 \text{ с}} = 2 \text{ Н}.$$

4. Тело равномерно движется по окружности. Как при этом изменяется импульс тела? Пояснить рисунком.

На дом предлагаем учащимся задачи 1, 2 из упр. 38 учебника [4] и задачника [19; 32].

2. Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса (количества движения) открыт французским ученым и философом Р. Декартом (1596—1650) на основе изучения удара шаров. Декарт так сформулировал этот закон: «Когда одно тело сталкивается с другим, оно может сообщить ему столько движения, сколько само одновременно потеряет, и отнять у него лишь столько, на сколько оно увеличит свое собственное движение»¹. За меру количества движения (импульс) Декарт предложил принять произведение массы тела на его скорость. Количество движения у него выступает как скалярная величина.

В 1668 г. голландский физик Гюйгенс существенно уточнил формулировку закона сохранения количества движения, данную Декартом. Рассматривая удар абсолютно упругих тел, он обратил внимание на векторный характер количества движения. Глубокое обоснование этот закон получил в трактате Ньютона «Математические начала натуральной философии» (1688). Из второго и третьего законов динамики следует постоянство векторной суммы количеств движения (импульсов) совокупности материальных точек, образующих замкнутую (изолированную) механическую систему. Количество движения Ньютон рассматривал как векторную величину.

В учебнике [4, § 61] закон сохранения импульса выводится из третьего закона Ньютона. Этот вывод разъясняется учащимся в

¹ Цитируется по кн.: Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., 1974, с. 51.

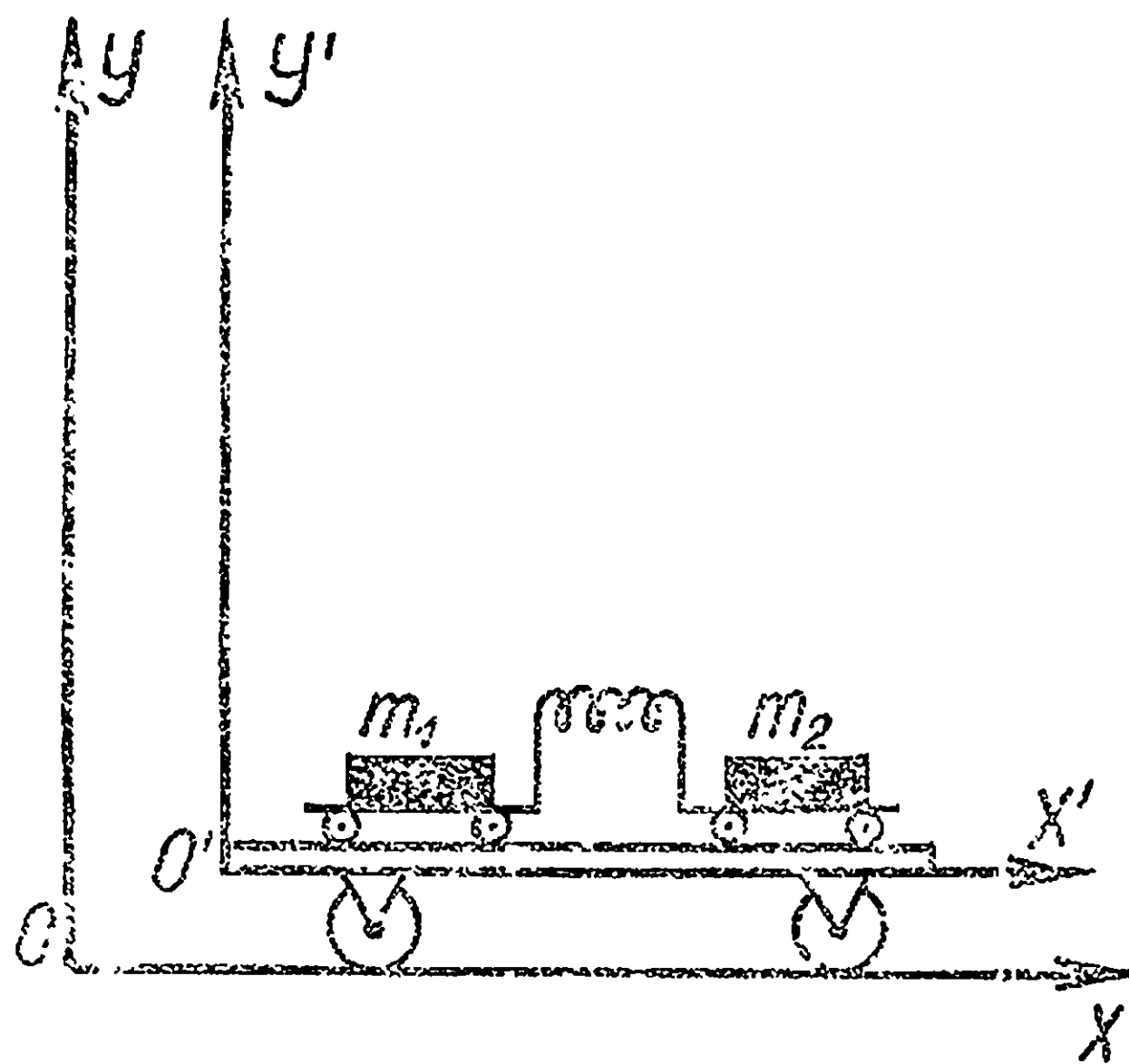


Рис. 22.1

ходе эвристической беседы. В результате получается равенство

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 \text{ или } \vec{p} = \text{const.}$$

Это означает, что в замкнутой механической системе общий импульс тел не изменяется при их взаимодействии. Совокупность материальных точек или тел, рассматриваемых совместно, называется механической системой. При этом обращаем внимание на то, что механи-

ческая система тел будет замкнутой, если входящие в нее тела взаимодействуют только между собой. По отношению к системе различают силы внутренние и внешние. Внутренние силы — это силы взаимодействия тел друг с другом внутри системы. Внутренние силы по третьему закону Ньютона попарно равны и противоположно направлены. Поэтому под действием только внутренних сил система не может прийти в движение. Наглядность вышесказанному можно придать, если показать ряд эффектных опытов, рекомендуемых методическим пособием [48, ч. 1, с. 284].

Для иллюстрации закона сохранения импульса системы тел в методической литературе описано несколько демонстрационных опытов [48, ч. 1]. Среди них основное место занимают опыты с шарами или маятниками (с подвешенными на нитях шарами) [64]. Достаточно наглядными являются также опыты по взаимодействию двух тележек, которые приведены в учебнике физики VIII класса [4, § 61] и в книге «Демонстрационный эксперимент по физике» [48, ч. 1]. Их следует показать на уроке при изложении закона сохранения импульса. Дополнительно рекомендуем следующее. Опыт, рассмотренный в учебнике [4, рис. 175 и 176], можно провести в другом варианте, поставив тележки на движущуюся равномерно и прямолинейно платформу (рис. 22.1). Простые расчеты (в общем виде) показывают, что импульсы тележек различны в системах отсчета «платформа» и «земля» (что показывает относительность импульса тела). Но в той и другой системе общий импульс тележек сохраняется неизменным. Пусть в системе «земля» общий импульс тележек $\vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = \text{const.}$ Скорости тележек в системе отсчета «платформа» $\vec{v}'_1 = \vec{v}_1 - \vec{v}_0$; $\vec{v}'_2 = \vec{v}_2 - \vec{v}_0$. Поэтому общий импульс тележек в системе отсчета «платформа» $\vec{p}' = m_1 \vec{v}'_1 + m_2 \vec{v}'_2 = m_1 (\vec{v}_1 - \vec{v}_0) + m_2 (\vec{v}_2 - \vec{v}_0) = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 - (m_1 + m_2) \vec{v}_0 = \vec{p} - (m_1 + m_2) \vec{v}_0 = \text{const.}$

Так как $\vec{v}_0 = \text{const}$, $m = \text{const}$, то $\vec{p}' = \text{const}$.

Закон сохранения импульса выполняется в любой инерциальной системе отсчета, так как он является следствием из второго и третьего законов Ньютона.

На практике закон сохранения импульса применяется и к таким системам, которые не являются замкнутыми в строгом смысле слова. Это допустимо в следующих случаях:

если внешние силы, действующие на каждое из тел системы, взаимно уравновешиваются;

если внешние силы малы по сравнению с внутренними силами системы и их действием можно пренебречь.

Кроме того, большой интерес представляет случай, когда проекции всех внешних сил на некоторое направление равны нулю, т. е. когда внешние силы перпендикулярны этому направлению. По такому направлению рассматриваемая система может считаться замкнутой и закон сохранения импульса применим к проекциям импульса тел на это направление.

В учебнике [4, § 61] объясняется опыт с двумя тележками. Их можно считать замкнутой системой потому, что силы тяжести тележек и силы реакции Земли компенсируются (сумма внешних сил равна нулю). Такой анализ помогает избежать ошибок, которые нередко допускают учащиеся при формальном подходе к решению задач. Решению задач на закон сохранения импульса целесообразно посвятить отдельный урок.

Вначале решают несложные задачи, в которых взаимодействующие тела до и после соударения движутся по одной прямой [4, упр. 39, № 1, 2; 51, № 429, 431]. После этого желательно также решить несколько задач, в которых скорости тел направлены под углом друг к другу [51, § 432].

Рассмотрим решение такой задачи:

Зенитный снаряд взорвался в верхней точке траектории. При этом образовались три осколка. Два осколка разлетелись под прямым углом друг к другу, причем скорость первого осколка массой 9 кг равна 60 м/с, а скорость второго массой 18 кг равна 40 м/с. Третий осколок отлегал со скоростью 200 м/с. Определить графически направление полета третьего осколка. Какова его масса? [4, упр. 39, № 3.]

$$m_1 = 9 \text{ кг}$$

$$|\vec{v}_1| = 60 \text{ м/с}$$

$$m_2 = 18 \text{ кг}$$

$$|\vec{v}_2| = 40 \text{ м/с}$$

$$|\vec{v}_3| = 200 \text{ м/с}$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$m_3 = ?$$

Решение:

Выписав данные, условие задачи поясняем с помощью схематического чертежа (рис. 22.2). Проводим анализ (устно).

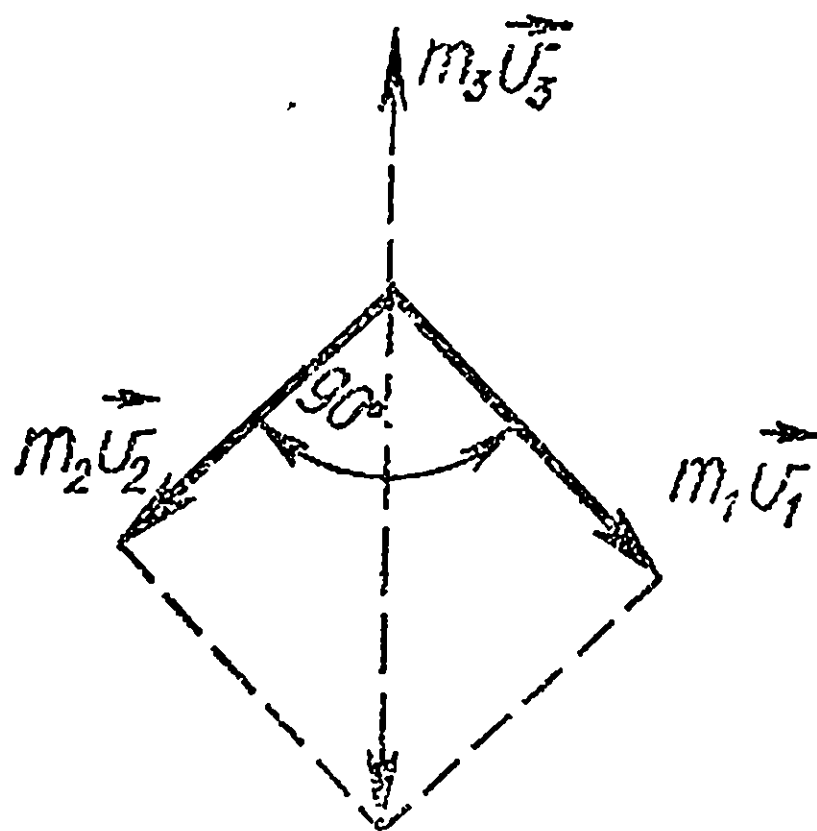


Рис. 22.2

Механическая система, о которой говорится в задаче, состоит из трех осколков, которые сначала составляют одно целое. После разрыва снаряда осколки разлетелись в разных направлениях. На снаряд и его осколки постоянно действует сила тяжести, являющаяся по отношению к рассматриваемой системе внешней силой. Поэтому эта система, строго говоря, не является замкнутой. Однако силы тяжести, действующие на осколки, гораздо меньше сил их взаимодействия при взрыве. Поэтому действием сил тяжести можно пренебречь и считать систему замкнутой. Следовательно, к этой системе применим закон сохранения импульса. Расчеты будем вести в системе отсчета, связанной с Землей, так как скорости осколков даны относительно Земли.

Сложив импульсы $m_1\vec{v}_1$ и $m_2\vec{v}_2$, мы получим результирующий импульс, который должен уравниваться импульсом третьего осколка $m_3\vec{v}_3$, так как общий импульс снаряда был равен нулю. Это означает, что $m_3\vec{v}_3 = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2$. Из рисунка 22.2 видно, что $(m_3|\vec{v}_3|)^2 = (m_1|\vec{v}_1|)^2 + (m_2|\vec{v}_2|)^2$; откуда

$$m_3 = \frac{\sqrt{m_1^2|\vec{v}_1|^2 + m_2^2|\vec{v}_2|^2}}{|\vec{v}_3|}; \quad m_3 \approx 4,5 \text{ кг.}$$

После решения ряда задач можно дать учащимся алгоритм решения задач на закон сохранения импульса:

1. Прочитав условие задачи, выяснить, какие тела взаимодействуют.
2. Записать краткое условие задачи и сделать чертеж.
3. Изобразить на чертеже внутренние и внешние силы, действующие на тела системы. Проанализировать, можно ли выбранную систему тел считать замкнутой, приблизительно замкнутой или замкнутой по отношению к какому-либо направлению.
4. Указать на чертеже векторы импульсов тел. Выбрать оси координат.
5. Записать уравнение сохранения импульса в векторной форме и в проекциях на оси координат.
6. Решить полученную систему уравнений или уравнение, если оно одно.
7. Выразить данные величины в СИ. Подставив числовые значения величин в формулу, произвести вычисления. Оценить достоверность полученного ответа.

Нужно рассмотреть также несколько применений закона сохранения импульса для объяснения механических явлений при движении, например, автомобиля, теплохода, самолета и др.

В последние годы был сконструирован так называемый «водо-метный катер». Двигатель катера представляет собой пропеллерный насос, засасывающий воду около носа и выбрасывающий ее за кормой. В этом примере необходимость отбрасывать некоторую массу воды назад для того, чтобы судно двигалось вперед, иллюстрируется в самом чистом виде. Аналогичным образом осуществляется движение каракатиц, осьминогов и кальмаров. Ознакомление учащихся

с данным материалом подготовит их к изучению реактивного движения.

При наличии времени по теме может быть проведена практическая или лабораторная работа со стробоскопическими фотографиями по проверке закона сохранения импульса¹.

3. Реактивное движение.

Значение работ К. Э. Циолковского

Реактивное движение возникает при отделении от тела с какой-то скоростью некоторой его части. Это один из важных случаев практического использования закона сохранения импульса. Объяснение материала можно сопровождать показом следующих опытов:

① Движение изогнутой трубки, соединенной с воронкой, наполненной водой [48, ч. 1].

② Вращение сегнерового колеса.

③ Движение реактивной тележки по столу (рис. 22.3). Связав ниткой зажимы, накачивают воздух в цилиндр реактивной тележки. Если пережечь нить, то тележка при выбросе струи воздуха откачивается в противоположном направлении на 1—2 м. Если тележку предварительно на $\frac{1}{3}$ объема наполнить водой, то ее скорость значительно увеличится. Вместо описанной демонстрации может быть показан опыт с детской игрушкой «Реактивная тележка», имеющейся в продаже [79].

④ Движение ракеты. Опыт демонстрируется с помощью прибора «ракета», выпускаемого для школ Главучтехпромом (рис. 22.4). Описание опытов приведено в методических руководствах и в инструкции к прибору. При объяснении движения ракеты следует иметь в виду, что приведенное в учебнике [4, § 62] уравнение закона сохранения импульса $m_r v_r + m_{об} v_{об} = 0$ упрощено и относится к случаю мгновенного выброса через реактивное сопло

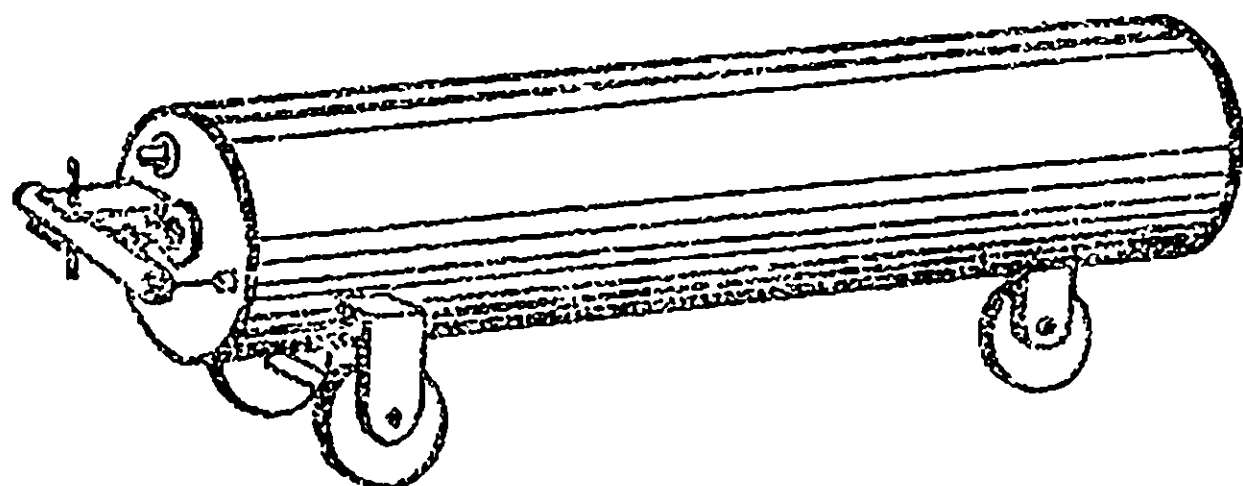


Рис. 22.3

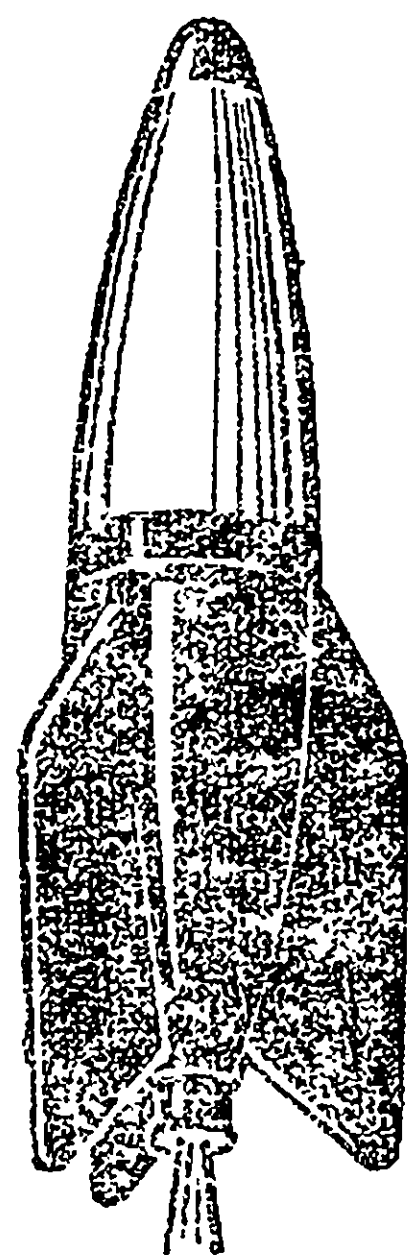


Рис. 22.4

¹ См.: Кубицкий В. А. Использование кинопроекторного аппарата в качестве стробоскопа.— Физика в школе, 1971, № 4, с. 66—67.

некоторой массы газа m_r со скоростью \vec{v}_r . Кроме того, уравнение записано в предположении, что начальная скорость всей ракеты равна нулю. В действительности же для реального полета ракеты расчет получается более сложным, так как происходит непрерывное (или пульсирующее) истечение газов и постепенное изменение массы оболочки ракеты $m_{об}$.

Учителю напомним, что движение ракеты с учетом уменьшения при полете ее массы M подчинено уравнению Мещерского

$$M \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F} + \vec{V} \frac{dM}{dt},$$

где \vec{v} — скорость ракеты относительно Земли, \vec{V} — скорость вылетающего газа относительно ракеты, \vec{F} — сумма внешних сил, действующих на систему «ракета—газы».

Скорость точки переменной массы в безвоздушном пространстве без действия внешних сил (тяготение) определяется формулой Циолковского

$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{V} \ln \frac{M_0}{M},$$

где M_0 — начальная масса ракеты, а \vec{v}_0 — ее начальная скорость.

При $\vec{v}_0 = 0$ в момент окончания горения топлива $|\vec{v}| = 2,3 |\vec{V}| \lg \left(1 + \frac{m}{M_p}\right)$; $\frac{m}{M_p} = Z$ — число Циолковского (m — масса топлива, а M_p — масса несгораемой части ракеты).

Из формулы Циолковского следует, что для достижения больших скоростей ракеты в конце активного участка необходимо прежде всего заботиться об увеличении относительной скорости \vec{V} выбрасываемых газов. Приняв, что для современных ракет $|\vec{V}| = 2000$ м/с, нетрудно рассчитать значение скорости ракеты для разных значений Z .

Более детально этот вопрос может быть рассмотрен на факультативных занятиях¹.

Выдающийся русский ученый и изобретатель К о н с т а н т и н Э д у а р д о в и ч Ц и о л к о в с к и й (1857—1935) является признанным основоположником ракетной техники. Он впервые научно обосновал возможность межпланетных сообщений, предложив использовать не обычную (одноступенчатую) ракету, а составную (многоступенчатую). После выгорания топлива, имеющегося в первой ступени, происходит автоматическое включение двигателя следующей ракеты (второй ступени) и отделение оболочки первой ступени

¹ См.: Кабардин О. Ф., Орлов В. А., Пономарева А. В. Факультативный курс физики. 8 класс. М., 1977, гл. V.

от составной ракеты. После выгорания топлива во второй ступени она также отделяется и начинает работать третья ступень. Так продолжается вплоть до последней ступени составной ракеты, несущей полезный груз.

В заключение рекомендуем показать фрагмент кинофильма «Полет ракеты» или «Реактивные двигатели» [68] и рассказать о применении реактивных двигателей в авиации и космонавтике.

Изложенный на уроке материал о реактивном движении надо закрепить решением задач [32, № 379, 382, 385].

Г Л А В А 23

РАБОТА И ЭНЕРГИЯ.

ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ЭНЕРГИИ

Темой «Работа и энергия. Закон сохранения энергии» завершается изучение курса физики VIII класса. Основная методическая задача изучения этой темы заключается в дальнейшем развитии у учащихся понятий «работа», «мощность», «энергия», формирование которых было начато еще в VII классе, и изучении закона сохранения и превращения энергии для механических процессов. В задачу входит также изучение закона Бернулли как частного случая закона сохранения энергии. В процессе изучения темы учащиеся знакомятся со способами определения работы, совершаемой под действием сил тяготения, упругости и трения, а также со способами определения потенциальной и кинетической энергии тел, что имеет важное политехническое значение. Формирование понятий «работа» и «энергия» имеет важное мировоззренческое значение.

— Конкретное содержание темы видно из следующего ее примерного поурочного планирования:

1-й и 2-й уроки.	Введение. Механическая работа. Решение задач.
3-й и 4-й уроки.	Работа, совершаемая силами, приложенными к телу. Теорема о кинетической энергии. Решение задач.
5-й и 6-й уроки.	Работа силы тяжести. Потенциальная энергия. Решение задач.
7-й урок.	Работа силы упругости. Потенциальная энергия упруго деформированного тела.
8-й урок.	Работа силы трения и механическая энергия.
9-й урок.	Закон сохранения полной механической энергии.
10-й урок.	Мощность. Решение задач.
11-й урок.	Решение задач на работу и мощность.

12-й и 13-й уроки.	Превращение энергии и использование машин. Коэффициент полезного действия. Решение задач.
14-й урок.	Движение жидкостей и газов. Закон Бернулли.
15-й урок.	Значение законов сохранения.
16-й урок.	Обобщающее повторение.
17-й урок.	Контрольная работа.

1. Содержание понятия «работа» в физике

Впервые термин «работа» был введен в науку в 1862 г. французским ученым Понселе, хотя существо содержания понятия использовалось намного раньше («золотое правило» механики, принцип возможных перемещений).

Научный анализ содержания данного понятия, его научное определение впервые были даны Ф. Энгельсом в «Диалектике природы». «Работа — это изменение формы движения, рассматриваемое с его количественной стороны»¹. По Энгельсу, изменение формы движения является всегда процессом, происходящим по крайней мере между двумя телами. «Основным условием всякой физической работы, — подчеркивает Ф. Энгельс, — является качественное изменение, перемена формы»². Рассматривая различные виды работы, Энгельс убедительно показывает, что во всех случаях работы происходит передача движения от одного тела к другому или преобразование одного вида движения в другой (механического — в тепловое, теплового — в механическое, электрического — в тепловое, химического — в электрическое и т. д.). Во времена Энгельса были хорошо изучены процессы превращения механического движения макротел в тепловое движение микрочастиц и обратные превращения теплового (беспорядочного) движения микрочастиц в механическое движение макротел. Этот процесс был назван механической работой.

Уже в то время изучались также процессы, происходящие в электрических цепях. Имея в виду специфичность происходящих здесь превращений форм движения, эти процессы называли работой электрического тока. Дальнейшее развитие физики привело к открытию многих других превращений видов движения. Все они охватываются понятием «работа». Так появилась работа выхода электронов и другие виды работ.

Из анализа определений понятия работы в различных учебниках и учебных пособиях по физике [1; 3; 4; 15; 16; 17 и др.], истории его возникновения и развития вытекают следующие выводы:

¹ Энгельс Ф. Диалектика природы. — Маркс К., Энгельс Ф. Соч., 2-е изд., т. 20, с. 419.

² Там же, с. 420.

1. Содержание понятия «работа», как и других научных понятий, не остается неизменным. По мере развития науки развивается и данное понятие.

2. Когда говорят о физической работе в широком смысле слова, понимают процесс, сущностью которого является преобразование одного вида движения в другой или передача движения от одного тела (или системы тел) к другому телу (или системе тел). В то же время под работой понимают физическую величину, количественно характеризующую этот процесс. Поскольку каждому виду движения соотносят определенные виды энергии, то часто работу определяют как процесс изменения энергии или передачи ее от одних тел другим.

По самой своей сущности понятие работы относится не к телу, не к системе тел, а к некоторому процессу, в случае же чисто механической работы — к процессу движения тел, испытывающих действие сил, в результате которого система переходит из одного состояния в другое.

3. В зависимости от того, какой вид движения (или энергии) преобразуется в другой, различают различные виды работы и находят формулы, позволяющие определять значение соответствующей работы (механической, работы электрического тока, работы сил электрического поля по перемещению электрического заряда, работы выхода электронов и т. д.).

4. Анализ формул для вычисления работ различного вида привел к введению понятий «обобщенная сила» Y_i и «обобщенная координата» dx_i . Это позволило найти общую формулу для всех видов физической работы:

$$dA = \sum Y_i dx_i.$$

5. Особый смысл понятие работы имеет в термодинамике, где работой называют макрофизическую форму изменения внутренней энергии тел в отличие от микрофизической формы, получившей название теплопередачи.

6. Физическая работа совершается при взаимодействии тел или частиц вещества и полей (например, работа выхода электронов при взаимодействии света с веществом, работа по перемещению заряженных частиц в электрическом поле, работа сил в поле тяготения и т. д.).

7. Результатом работы является изменение энергии тела, частицы или полей. Совершенная работа равна изменению энергии.

2. Требования к усвоению понятия «работа» учащимися VI—X классов

Исходя из анализа содержания понятия «работа» в современной науке физике и познавательных возможностей учащихся старших классов, можно сформулировать следующие требования к усвоению данного понятия оканчивающими среднюю школу:

понимание того, что работа есть процесс преобразования одного вида движения (энергии) в другой или передачи движения (энергии) от одной системы тел к другой, в то же время работа есть физическая величина, количественно характеризующая данный процесс;

знание условий, при которых совершается механическая работа, и признаков, по которым можно судить о том, что работа совершается;

знание конкретных видов физической работы, изучение которых предусматривается учебной программой: механической работы, работы по перемещению заряда в электрическом поле, работы электрического тока, работы выхода электрона;

знание формул для определения каждого вида работы, умение пользоваться ими в практических целях;

понимание того, что работа может быть положительной или отрицательной в зависимости от значения угла между направлениями векторов силы и перемещения.

Сформулированные выше требования к усвоению понятия «работа» определяют «верхний уровень», до которого может быть сформировано понятие у учащихся в процессе изучения физики к моменту окончания средней школы.

Анализ программы, учебников и учебных пособий по физике для VI—X классов показывает, что формирование и развитие понятия работы в них предусматривается в основном в направлении расширения знаний учащихся о видах физической работы (механической работы, работы сил электрического поля по перемещению заряда, работы тока и т. д.) и ознакомления с формулами для вычисления работы. Однако ни в какой части курса не выясняется, что является общим для всех видов физической работы, чем обусловлено объединение в одном понятии столь различных, казалось бы, процессов. Иными словами, понятие не обобщается. Кроме того, в школьных учебниках при изучении различного вида работ принимают во внимание лишь динамику процесса, определяют силы, «которые совершают работу», и силы сопротивления (сила трения, сила тяжести и т. п.), «по преодолению которых совершается работа». Кинетика же процесса, преобразование форм движения материи при этом не рассматриваются.

Односторонность подхода к раскрытию содержания понятия приводит к тому, что учащиеся оказываются не подготовленными к пониманию работы как изменения форм движения, рассматриваемого с его количественной стороны.

В старших классах наряду с динамикой процесса рассматривается и его энергетическая сторона: выясняется, «за счет какой энергии совершается работа». Такой подход осуществляется при изучении работы по перемещению заряда в электрическом поле, при формировании понятия ЭДС источника тока, при изучении фотоэффекта. Однако преобразование форм движения материи здесь тоже не рассматривается. Оба подхода — динамический и энергетический — правомерны, но недостаточны. Они должны дополняться рассмот-

решением кинетики процесса (преобразования форм движения), поскольку исходным в образовании понятия «работа» является все же движение (передача и преобразование форм движения).

3. Основные этапы развития понятия «работа» в курсе физики средней школы

Обобщение понятия «работа» может быть осуществлено на заключительном этапе его формирования, но подготовка к нему должна проходить на протяжении всего периода формирования понятия: основные этапы развития этого понятия схематично представлены на рисунке 23.1.

VI класс. Здесь дают первоначальное понятие о механической работе: выясняют условия, при которых совершается работа (действие на тело силы и перемещение тела под действием этой силы), рассматривают формулу работы для случая, когда направление действия силы совпадает с направлением движения.

На данном этапе формирования понятия важным является усвоение условий, при которых совершается механическая работа (признаков, по которым мы судим, осуществляется ли работа). Необходимо добиться понимания шестиклассниками того, что работа совершается, если выполняются одновременно два условия: действие силы и движение тела в направлении действия силы.

Второй этап формирования понятия «работа» относится также к VI классу. Он связан с изучением простых механизмов. Анализируя действие механизмов, внимание учащихся обращают на то, что при равномерном движении всегда существует связь между силами и расстояниями. Выигрывая в силе, мы во столько же раз проигрываем в расстоянии:

$$\frac{|\vec{F}_1|}{|\vec{F}_2|} = \frac{s_2}{s_1}.$$

Произведение силы на длину пути, пройденного точкой приложения силы, оказывается одинаковым для обеих сил:

$$|\vec{F}_1| s_1 = |\vec{F}_2| s_2.$$

Ввиду важности этого произведения его стали рассматривать как самостоятельную физическую величину, получившую название ра-бота.

Правило, выраженное записанной выше формулой, получило название «золотое правило» механики. Приведенные рассуждения могут служить обоснованием формулы для вычисления механической работы.

VII класс. Здесь данное понятие развивают в связи с формированием понятий «тепловое движение», «внутренняя энергия» и изучением электрического тока. Учащиеся узнают, что работа является

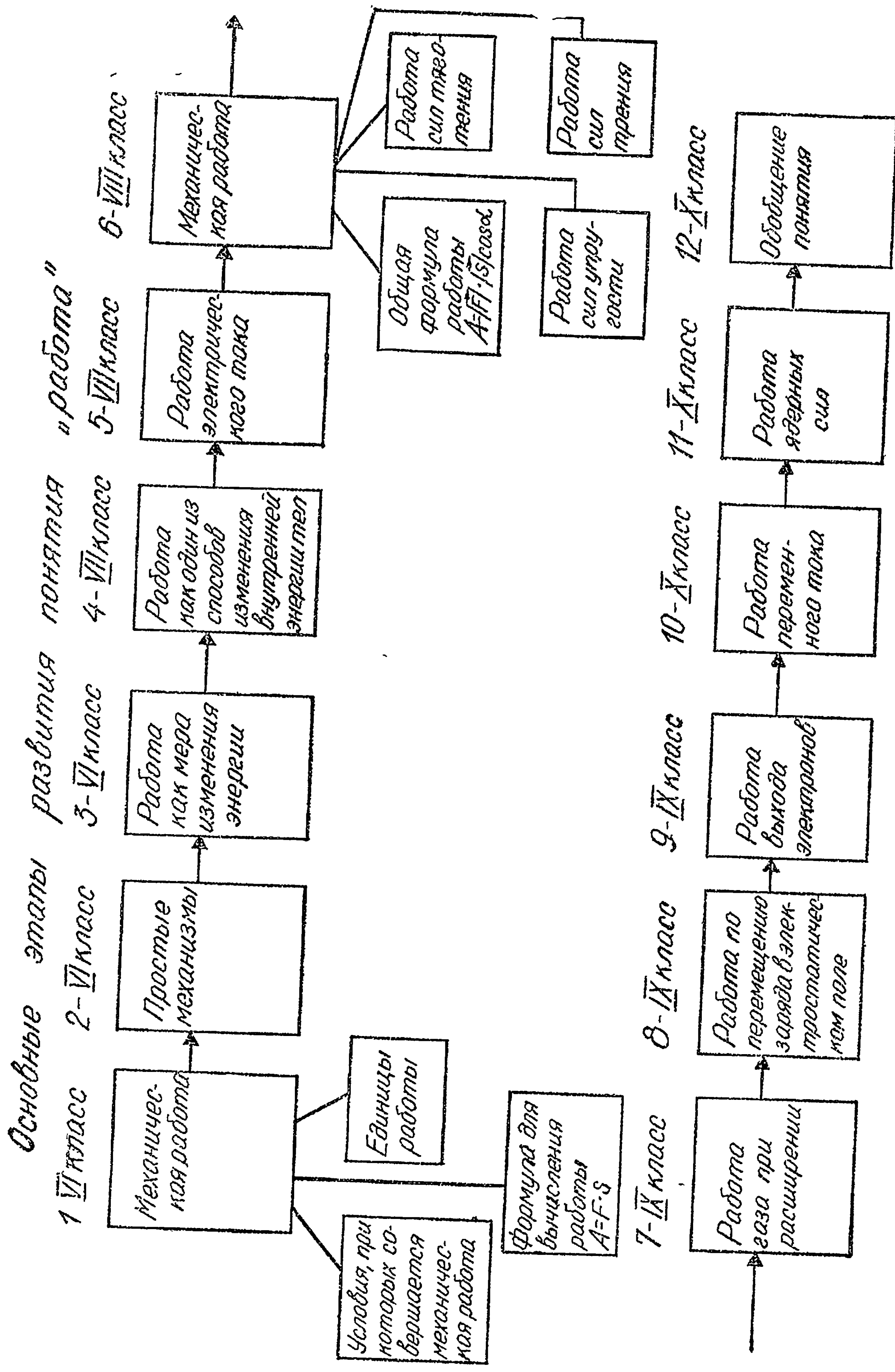


Рис. 23.1

одним из способов изменения внутренней энергии тел. Если над телом совершается работа, его внутренняя энергия увеличивается, если тело совершает работу, его внутренняя энергия уменьшается.

В VII классе необходимо обратить внимание учащихся на два важных фактора. Во-первых, на то, что при совершении механической работы непременно происходит взаимодействие двух (или более) тел; во-вторых, на то, что при этом происходит превращение видимого механического движения макротел в тепловое движение микрочастиц (молекул, атомов, ионов), из которых состоят взаимодействующие тела, или обратное превращение, когда беспорядочное (тепловое) движение микрочастиц превращается в механическое движение макротел (например, тепловое движение молекул газа при его расширении превращается в механическое движение поршня).

На основе анализа различных примеров такого рода превращений учащиеся подводят к выводу о том, что механическая работа характеризует собой процесс превращения механического движения в какой-либо другой вид движения (например, в тепловой) или обратное превращение (например, теплового движения частиц сгоревшего газа в механическое движение поршня в двигателе внутреннего сгорания).

Поскольку каждому виду движения соответствует определенный вид энергии, то говорят, что в процессе совершения работы происходит превращение видов энергии (или передача энергии от одних тел к другим). Работа и является физической величиной, количественно характеризующей этот процесс.

Следующий этап развития понятия «работа» связан с изучением раздела «Электричество» в курсе физики VII класса. При изучении этого раздела учащиеся знакомят с новым видом физической работы — работой электрического тока и формулой для ее вычисления: $A = IUt$. Однако возможности раздела для развития данного понятия этим не исчерпываются. Необходимо обратить внимание учащихся на то, что в процессе работы тока происходит превращение упорядоченного (направленного) движения электронов в тепловое движение ионов кристаллической решетки. Следовательно, и в случае работы электрического тока один вид движения превращается в другой (и один вид энергии превращается в другой — в данном случае энергия электрического тока превращается во внутреннюю энергию проводника). Мерой этого превращения служит работа.

VIII класс. В курсе физики VIII класса реализуется шестой этап в развитии понятия «работа». В соответствии с программой и учебником для VIII класса происходит расширение понятия о механической работе в процессе изучения темы «Работа и энергия. Закон сохранения энергии». Учащиеся знакомят с формулой работы в форме $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}|$ и в форме $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cos \alpha$.

Рассматривая частные случаи второй формулы, когда $\alpha = 0$; $0 < \alpha < 90^\circ$; $\alpha = 90^\circ$ и $\alpha > 90^\circ$, восьмиклассники получают понятие о положительной и отрицательной работе.

Новым в развитии понятия о механической работе в VIII классе является ознакомление учащихся со способами определения работы силы тяжести, силы упругости, силы трения и установление связи значения работы с изменением кинетической энергии тела.

IX—X классы (см. рис. 23.1).

4. Содержание понятия «энергия» в современной физике

В учебной литературе энергию чаще всего определяют как способность тел или системы тел совершать работу при переходе из одного состояния в другое [9, с. 164] или как «запас работы», которую может совершать тело [15; 16].

В тесрегических курсах физики энергия определяется как функция состояния тела (или системы тел).

Анализ истории возникновения понятия «энергия» и его развития приводит к выводу, что дать какое-либо краткое определение данного понятия, которое раскрывало бы полностью его содержание, довольно сложно. Все приведенные выше определения раскрывают лишь какую-либо из сторон этого чрезвычайно сложного понятия.

Ф. Энгельс в «Диалектике природы» впервые определяет энергию как общую меру движения материи при всех ее превращениях из одного вида в другой. В физике это понятие трактуется также как способность тел совершать работу при переходе из одного состояния в другое, при передаче движения от одних тел к другим.

Эта точка зрения отчетливо выражена в таких словах: «Обычно говорят: «механическая энергия», «тепловая энергия», «электромагнитная энергия» и т. д.; это следует понимать как величину энергии, соответствующей механической форме движения данного тела, величину энергии, соответствующей тепловой форме движения и т. д. Нет различных видов энергии: есть различные формы движения материи, энергия есть единая мера движения материи»¹.

Но для сокращения говорят о «механической энергии» и других видах энергии.

В процессе развития науки понятие «энергия» уточнялось и обобщалось. Важным этапом в развитии данного понятия явилась разработка представления о движении энергии в непрерывных средах и введение понятия потока энергии. Развитие квантовой физики привело к выводу о возможности квантования энергии, т. е. к установлению того факта, что в некоторых случаях энергия системы может принимать только дискретный (прерывный) ряд значений. Важный этап в развитии понятия «энергия» — установление связи между массой и энергией: $E = mc^2$.

В соответствии с развитием понятия «энергия» в науке претер-

¹ Стрелков С. П. Механика. М., 1965, с. 108.

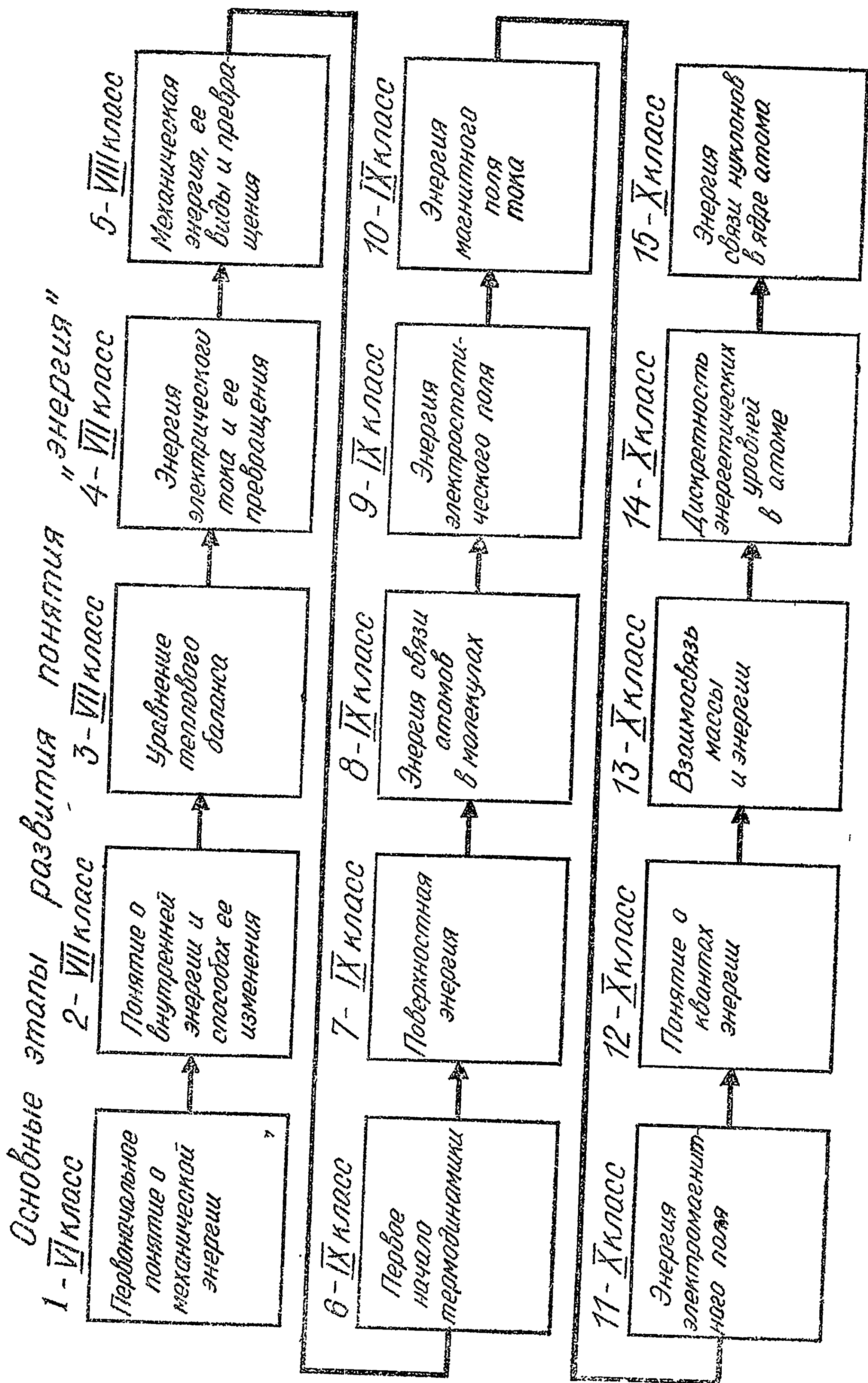


Рис. 23.2

певаёт изменение и трактовка этого понятия в учебной и научно-популярной литературе. Однако до сих пор в курсе физики средней школы не дается принятого в науке определения энергии как общей меры различных форм движения материи. В школьных учебниках ограничиваются определением энергии как способности тел совершать работу, являющемся менее общим и справедливым лишь применительно к механической энергии.

5. Основные этапы развития понятия «энергия»

Развитие понятия «энергия» осуществляется на протяжении всех пяти лет изучения физики в средней школе — с VI по X класс включительно. Основные узловые точки (этапы) развития этого понятия представлены на схеме (рис. 23.2). В соответствии с содержанием схемы можно сформулировать следующие требования к усвоению учащимися понятия *энергия*:

понимание того, что энергия является общей мерой движения материи при всех его превращениях из одного вида в другой;

знание основных видов энергии, специфических форм движения материи;

понимание признаков, отличающих один вид энергии от других;

знание формул для вычисления изучаемых видов энергии; умение определять по ним энергию;

понимание того, что энергия (движение) способна к превращениям и знание условий, при которых происходит каждое из превращений;

знание того, что при всех превращениях энергии (движения) из одного вида в другой она в количественном отношении сохраняется.

Приступая к формированию понятий «работа» и «энергия», следует прежде всего решить вопрос о последовательности формирования понятий «работа» и «энергия». Какое понятие должно быть исходным, т. е. с формирования какого понятия нужно начинать: с работы или энергии? Анализ истории возникновения указанных понятий и их содержания приводит к однозначному ответу: начинать нужно с формирования понятий «движение» и «работа», а затем уже переходить к формированию понятия «энергия», поскольку энергия является общей мерой движения материи при всех его превращениях из одного вида в другой, а механическая энергия характеризует «способность тел совершать работу». Здесь возможны два варианта:

1) Вначале дают понятие о работе; затем знакомят учащихся с различными видами механической работы и способами их вычисления, после этого формируют понятие энергии, опираясь на знания о видах работы и способах их вычисления.

2) Дают первоначальное понятие о работе, а затем в связи с рассмотрением способов определения механической работы в различных конкретных случаях, анализируя соответствующие формулы, обращают внимание на то, что во всех случаях работа определяется разностью определенных физических величин, характеризующих состояние тела; эти величины получили название «кинетическая» или «потенциальная энергия». В заключение дают общее понятие об энергии и изучают закон сохранения и превращения энергии [60].

Достоинство первого способа состоит в том, что основательное рассмотрение работы до изучения энергии способствует более четкому их разграничению и в то же время нахождению связей между ними.

Достоинство второго способа состоит в том, что выражения для кинетической и потенциальной энергии вытекают сразу непосредственно из анализа формул работы, показывающих, что работа равна разности значений соответствующих величин. Но этот способ труднее для усвоения учащимися.

6. Методика формирования понятий «работа» и «энергия» в курсе физики VIII класса

Приступая к изучению темы «Механическая работа и энергия», на первом (вводном) уроке следует повторить из курса физики VI класса известные учащимся сведения о механической работе, уточнить знания о признаках работы и познакомить учеников с общей формулой работы.

Этот урок целесообразно провести по следующему плану:

I. Формулировка задач темы и данного урока.

II. Повторение по вопросам:

1. При каких условиях совершается механическая работа? По каким признакам судят о том, что работа совершается?

2. По какой формуле определяют работу?

3. Что принято за единицу работы в СИ?

III. Упражнения с целью уточнения признаков механической работы и повторения способа ее определения:

1. Указать, в каких из изображенных на рисунке 23.3 случаях совершается механическая работа.

Варианты ответов: а; б; в; г; д. Подчеркнуть варианты ответов, которые вы считаете правильными.

2. Какая работа совершается при подъеме тела массой 1 кг на высоту 1 м? 5 м?

IV. Решение проблемы: как определить работу в случае, когда направление вектора силы не совпадает с направлением вектора перемещения? Вывод общей формулы работы $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cos \alpha$.

Второй урок. I. Анализ формулы $A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cos \alpha$ для случаев, когда $\alpha = 0$; $0 < \alpha < 90^\circ$; $\alpha = 90^\circ$; $\alpha = 180^\circ$.

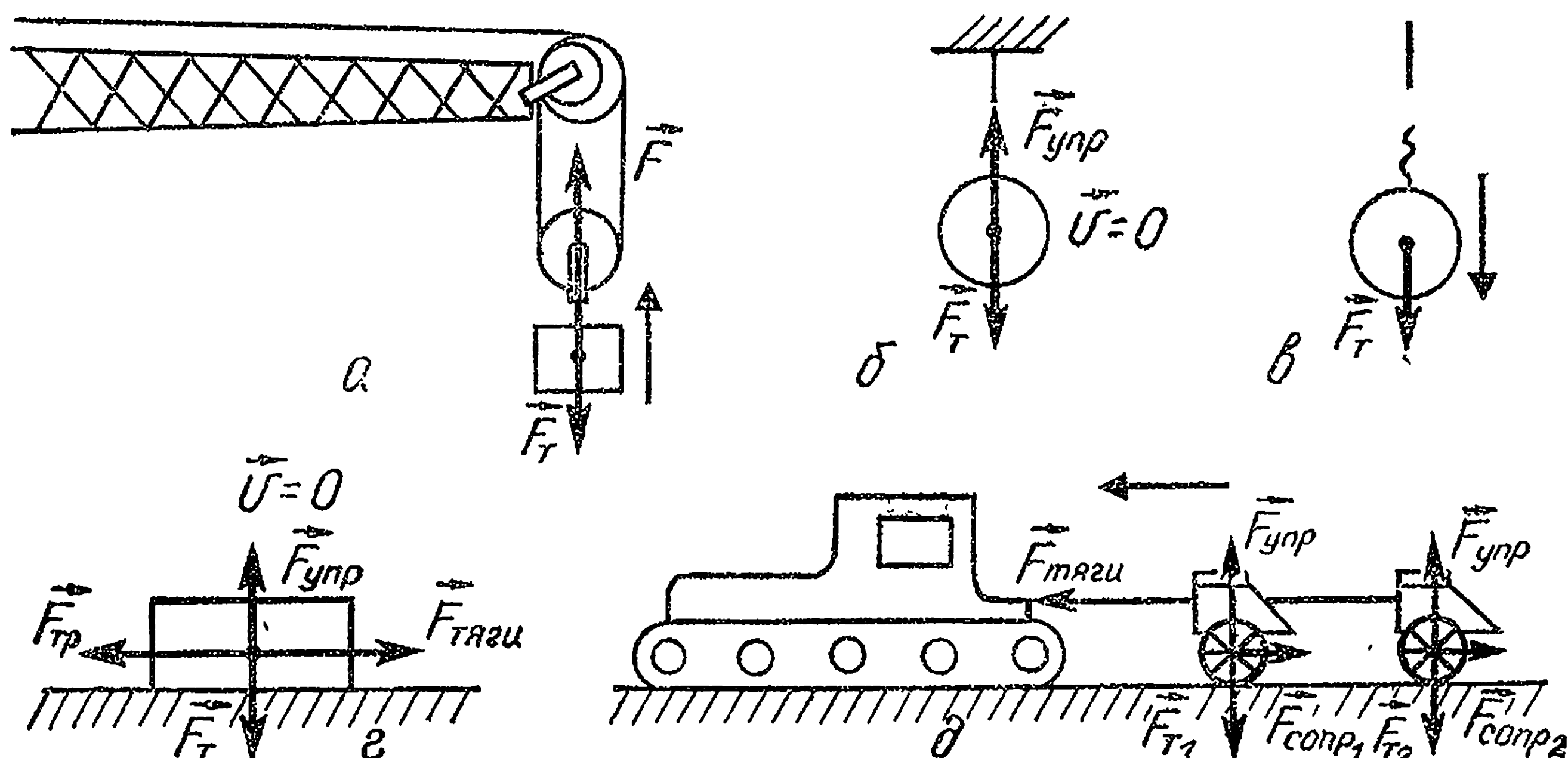


Рис. 23.3

Таблица 23.1

α	$\cos \alpha$	$A = \vec{F} \cdot \vec{s} \cos \alpha$
$\alpha = 0$	$\cos \alpha = 1$	$A = \vec{F} \cdot \vec{s} $
$0 < \alpha < 90^\circ$	$0 < \cos \alpha < 1$	$0 < A < \vec{F} \cdot \vec{s} $
$\alpha = 90^\circ$	$\cos \alpha = 0$	$A = 0$
$\alpha = 180^\circ$	$\cos \alpha = -1$	$A = - \vec{F} \cdot \vec{s} $

Результаты анализа целесообразно свести в таблицу (см. табл. 23.1).

II. Понятие о положительной и отрицательной работе (на основе анализа полученной таблицы).

III. Решение задач вида:

1. Указать, какая из сил, действующих на тела, изображенные на рисунке 23.3, а, б, в, г, совершает положительную механическую работу.

Варианты ответов: а) \vec{F} , \vec{F}_T ; б) \vec{F}_T ; в) \vec{F}_T ; г) $\vec{F}_{тяги}$, \vec{F}_{T1} , \vec{F}_{T2} , $\vec{F}_{сопр1}$, $\vec{F}_{сопр2}$.

2. Какую работу совершает подъемный кран, поднимая груз массой 3000 кг на высоту 20 м?

3. Объяснить, почему в случаях, изображенных на рисунке 23.3, б, в, работа не совершается, хотя на тела действуют силы.

4. Совершается ли работа при свободном движении искусственного спутника вокруг Земли под действием силы тяжести? Ответ обосновать.

IV. Решение проблемы: что такое работа?

Постановка и обсуждение вопроса имеют целью подвести учащихся к выводу, что работа есть процесс, сущностью которого является изменение формы движения материи или передача движения от одних тел (частиц, полей) другим телам, частицам (или полям), и в то же время работа — физическая величина, количественно характеризующая данный процесс.

V. Решение задач-вопросов, имеющих целью уточнение знаний о сущности процесса работы. Могут быть предложены задачи вида:

1. При движении одного тела по поверхности другого совершается работа по преодолению сил трения. Превращения каких видов движения происходят при этом? Как объяснить имеющее место при этом нагревание поверхностей соприкасающихся тел?

2. Шар, скатившийся с наклонной плоскости (рис. 23.4), некоторое время катится по горизонтальной поверхности, потом останавливается. Почему прекращается движение шарика? Превращения каких видов движения (энергии) происходят при этом?

3. При нагнетании воздуха в сосуд (рис. 23.5) давление воздуха в нем становится достаточным для выбрасывания пробки из горлышка сосуда. При выбрасывании пробки в сосуде появляется туман. Как объяснить это явление? Превращения каких видов движения (и энергии) при этом происходят?

На третьем уроке рассматривают работу при условии, когда равнодействующая всех сил, действующих на тело, не равна нулю и тело движется с ускорением, т. е. происходит изменение его скорости.

Перед учащимися выдвигается познавательная задача: установить связь работы с происходящим при этом изменением скорости тела. Исходной для определения работы и в этом случае является формула

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{s}| \cos \alpha. \quad (1)$$

Но если за направление оси x принять направление перемещения, то формула (1) примет вид:

$$A = Fs, \quad (2)$$

где $F = |\vec{F}| \cos \alpha$ — проекция вектора силы \vec{F} на ось x .

Учитывая, что $F = ma$ и $s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$, учащиеся далее подставляют полученные для силы и перемещения выражения в формулу (2) и, произведя элементарные преобразования, находят формулу, выражающую связь работы с изменением скорости:

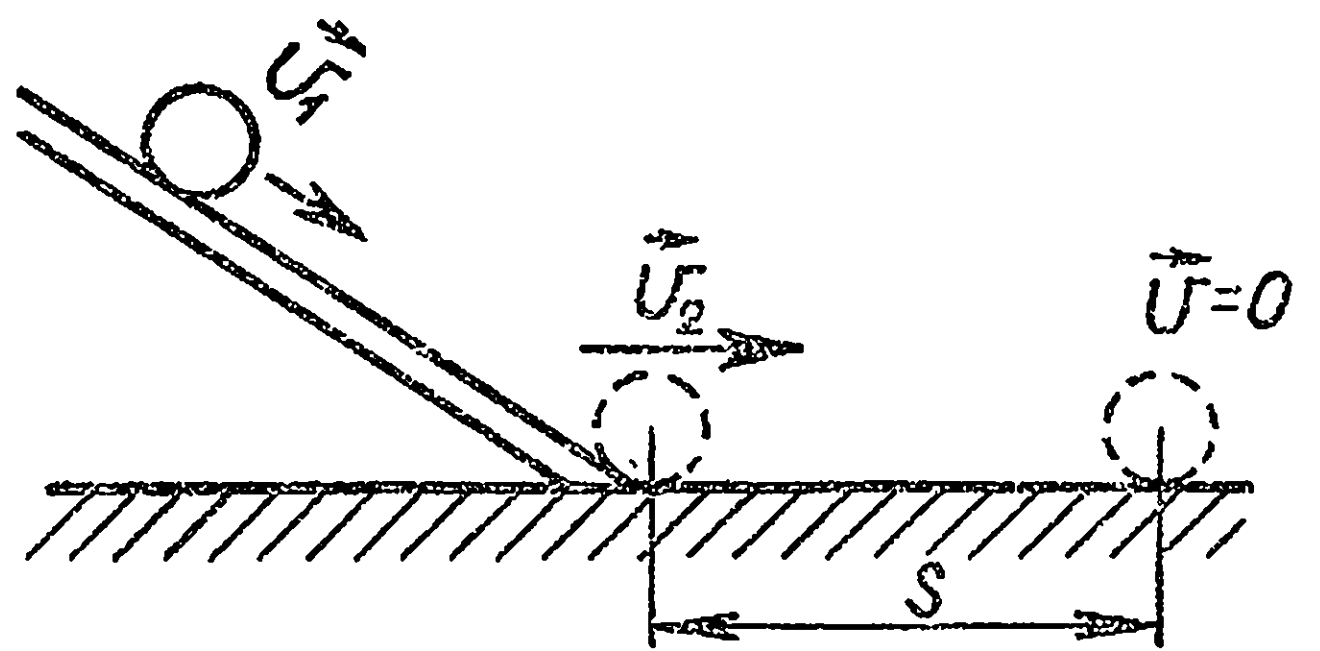


Рис. 23.4

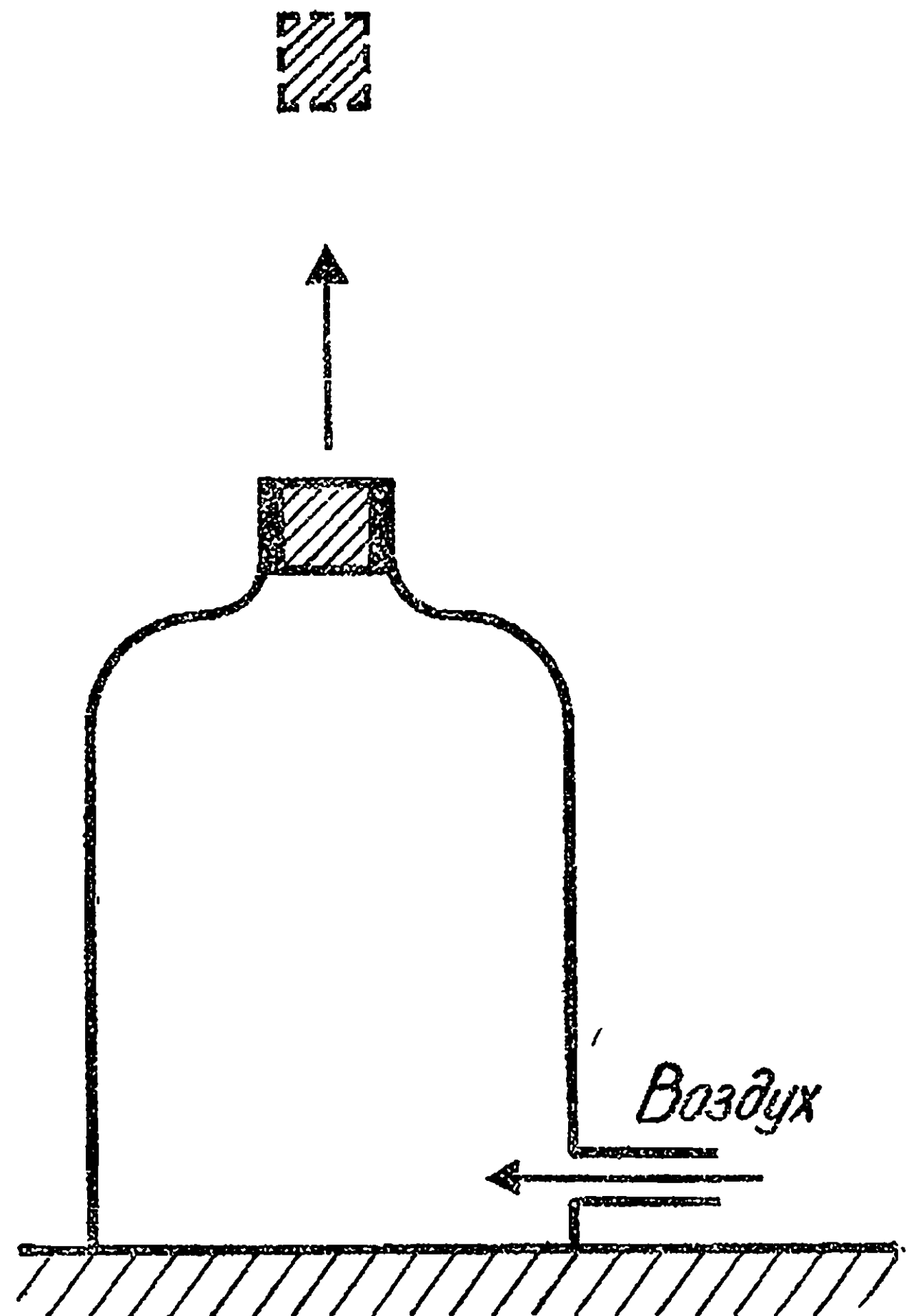


Рис. 23.5

$$A = Fs = \frac{m}{2} (v_2^2 - v_1^2). \quad (3)$$

Из формулы следует, что изменение скорости тем больше, чем на большем расстоянии действует сила. При данной силе изменение скорости зависит от массы: чем больше масса, тем медленнее будет изменяться скорость, и наоборот.

Учитель предлагает преобразовать формулу (3), раскрыв скобки в правой части равенства. Учащиеся приходят к выражению

$$A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}. \quad (4)$$

Желательно, чтобы сами учащиеся выяснили, чем замечательна эта формула, обратили внимание на то, что оба слагаемых правой части формулы имеют одинаковый вид: $\frac{mv^2}{2}$, т. е. выражаются половиной произведения массы на квадрат скорости.

Теперь можно сообщить, что этому выражению равна кинетическая энергия, первоначальное понятие о которой они получили в курсе физики VI класса. Сообщают, что кинетическая энергия обозначается буквой E_k :

$$E_k = \frac{mv^2}{2}. \quad (5)$$

Пользуясь этим обозначением, формулу (4) можно записать в виде

$$A = E_{k2} - E_{k1}. \quad (6)$$

Здесь уместно напомнить учащимся, что кинетической энергией называется энергия, обусловленная движением тела.

Заметим, что иногда кинетическую энергию определяют как энергию, которой обладает движущееся тело, что неточно, так как движущееся тело еще обладает внутренней энергией и может обладать потенциальной энергией, как, например, падающее вниз тело, летящий самолет.

Сопоставляя выражения (4) и (6), формулируют вывод: работа равнодействующей сил, действующих на тело, равна изменению кинетической энергии тела. Сообщают, что это утверждение называется теоремой о кинетической энергии.

В заключение необходимо провести анализ формулы (4) для случаев, когда: а) конечная скорость $v_2 = 0$; б) начальная скорость $v_1 = 0$; в) $v_2 > v_1$; г) $v_2 < v_1$.

Рассматривая движение тела до полного торможения, обращают внимание на то, что здесь вся кинетическая энергия тела расходуется на совершение работы. Следовательно, кинетическая энергия тела равна максимальной работе, которую оно может совершить по преодолению сил трения или каких-то других сил.

Это положение учащимися должно быть хорошо усвоено, так

как в последующем они будут часто применять его при решении задач.

Выражение $\frac{mv^2}{2}$ потому и принято за величину кинетической энергии, что оно является мерой механического движения тела при его превращении в другие виды движения.

Поскольку при замедленном движении направление действия силы противоположно направлению вектора перемещения, работа получается отрицательной.

Во втором случае ($v_1 = 0$) $A = \frac{mv^2}{2}$. Кинетическая энергия тела массой m , движущегося со скоростью \vec{v} , равна работе силы, действующей на покоящееся тело, которую надо совершить, чтобы сообщить телу данную скорость.

Анализируя формулу (5), подводят учащихся к выводу, что кинетическая энергия тела заданной массы m зависит от его скорости и поэтому является функцией скорости. Скорость характеризует механическое состояние тела. Следовательно, кинетическая энергия тела (системы тел) является функцией состояния его движения.

Необходимо обратить внимание учащихся на относительность значений кинетической энергии, показав, что одно и то же тело в зависимости от выбора системы отсчета имеет различные значения скорости, а значит, и кинетической энергии. Это и означает, что кинетическая энергия — величина относительная.

Данные анализа целесообразно свести в таблицу (см. табл. 23.2).

Желательно зависимость кинетической энергии тел от массы и скорости движения подтвердить опытами.

Для демонстрации зависимости кинетической энергии от массы тела можно воспользоваться составным желобом, состоящим из наклонной и горизонтальной частей (см. рис. 23.6). У основания наклонной части желоба устанавливают алюминиевый цилиндр B , с верхней части желоба спускают стальной шарик A и замечают, на какое расстояние s он переместит алюминиевый цилиндр, совершая при этом работу по преодолению сил трения. Опыт повторяют с шариком меньшей массы. В первом случае расстояние оказывается значительно больше, чем во втором: это свидетельствует о способности шарика, имеющего большую массу, совершать большую работу. Она и определяет кинетическую энергию, которую имел шарик у основания наклонной части желоба.

Зависимость кинетической энергии тела от его скорости можно показать при помощи той же установки. Один

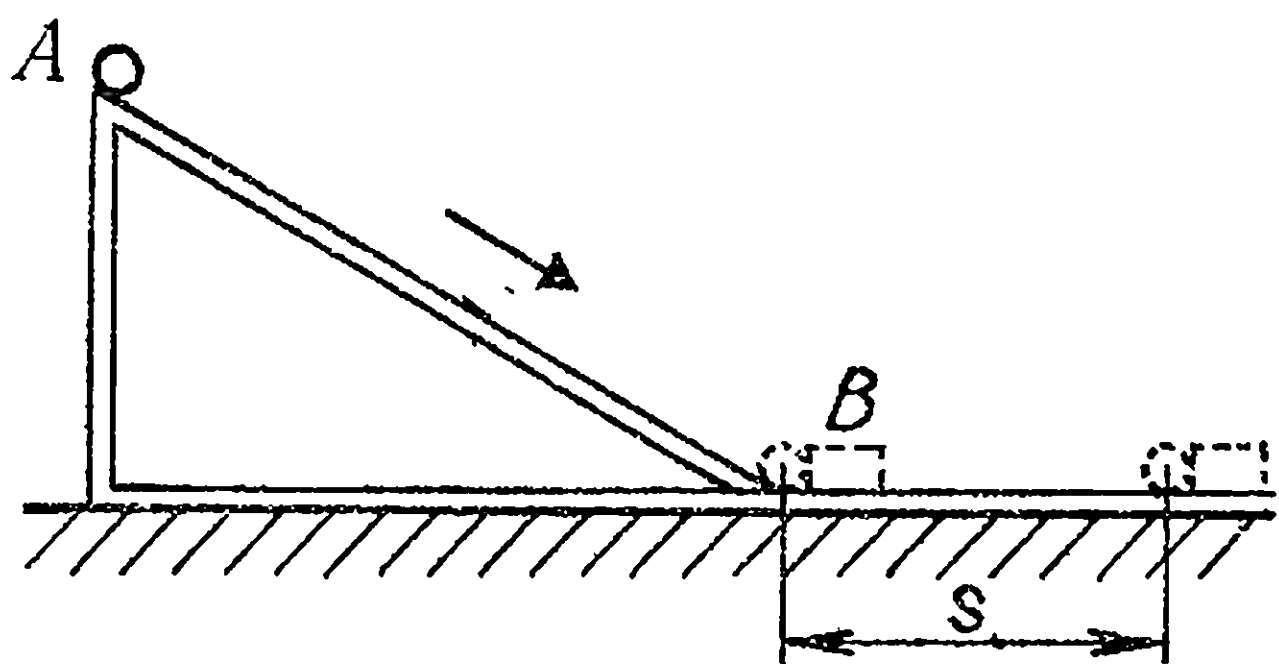


Рис. 23.6

Соотношение начальной и ко- нечной скоростей	Характер движения	Значение работы $A=E_{k2}-E_{k1}$	Характер изменения кинетической энергии тела
1. $v_2 > 0;$ $v_1 = 0$	С положительным ускорением	$A = \frac{mv_2^2}{2}$	Кинетическая энер- гия тела возрастает от нуля до $\frac{mv_2^2}{2}$
2. $v_2 > v_1;$ $v_2 - v_1 > 0$	С положительным ускорением	$A > 0$	Кинетическая энер- гия тела возрастает от $E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}$ до $E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$
3. $v_2 < v_1;$ $v_2 - v_1 < 0$	С отрицательным ускорением	$A < 0$	Кинетическая энер- гия тела уменьшается от $E_{k1} = \frac{mv_1^2}{2}$ до $E_{k2} = \frac{mv_2^2}{2}$
4. $v_2 = 0;$ $v_1 > 0$	С отрицательным ускорением до полно- го торможения	$A = -\frac{mv_1^2}{2}$	Кинетическая энер- гия тела уменьшится от $\frac{mv_1^2}{2}$ до нуля

и тот же шарик (стальной) спускают с различной высоты. Учащиеся видят, что шарик, скатывающийся с большей высоты, перемещает алюминиевый цилиндр на большее расстояние, т. е. совершает большую работу. Напоминаем, что с увеличением высоты падения возрастает скорость шарика ($v^2 = 2gh$). Следовательно, чем больше скорость, тем больше кинетическая энергия тела.

Материал урока желательно закрепить решением одной-двух задач на расчет кинетической энергии тела и применение формулы

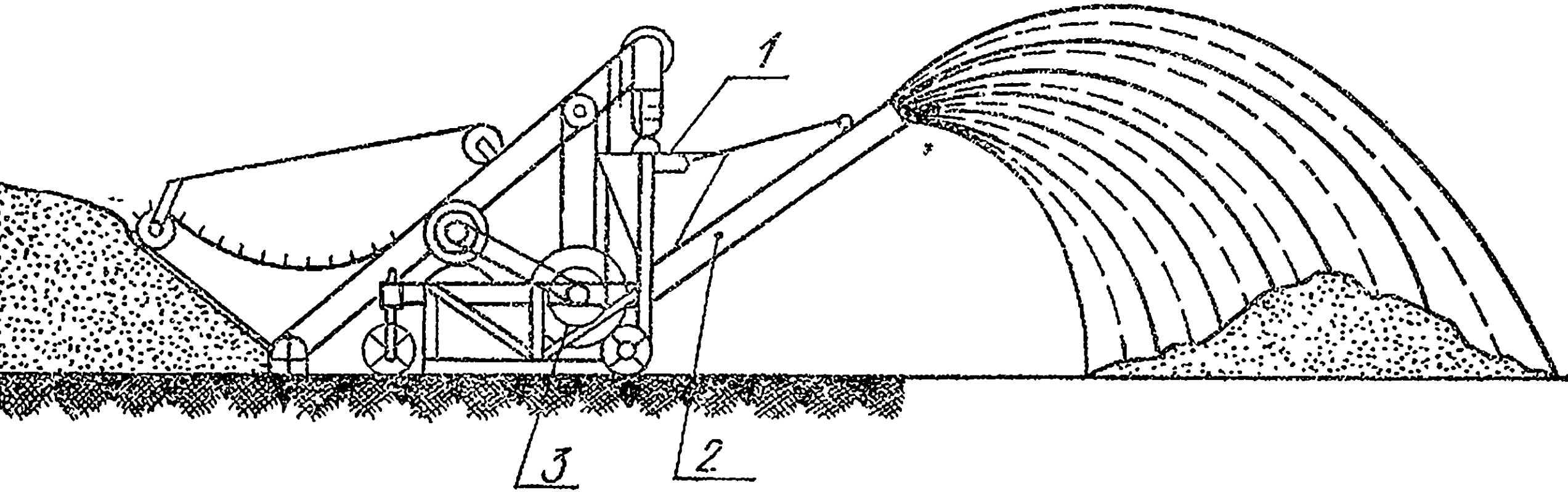


Рис. 23.7

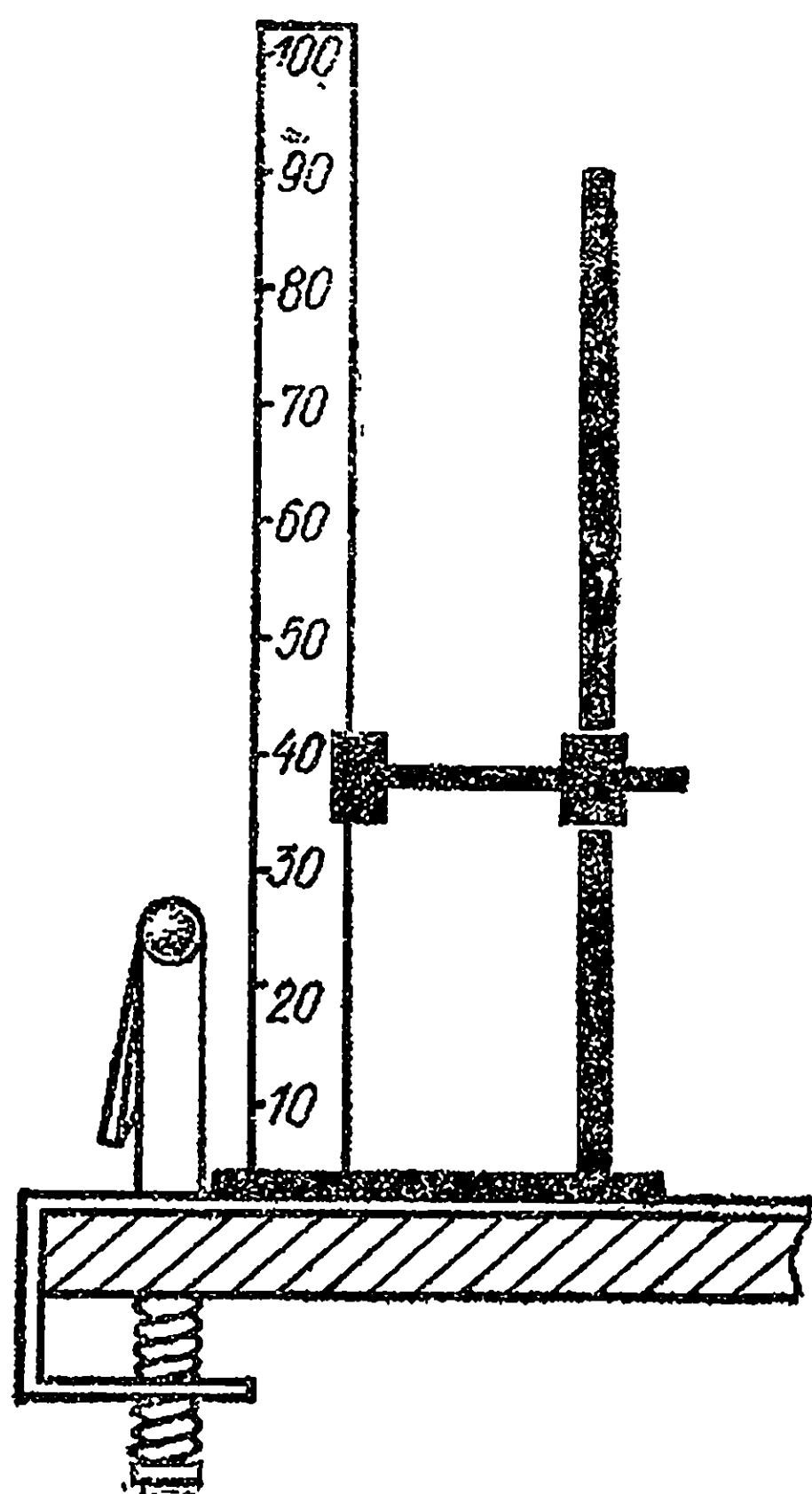


Рис. 23.8

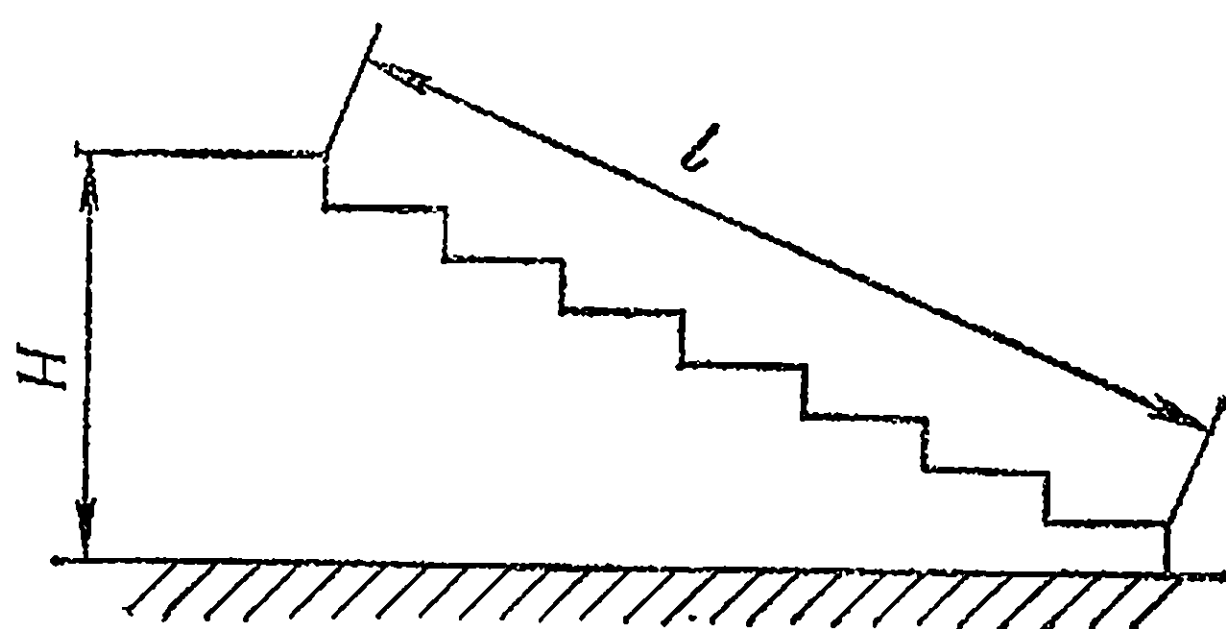


Рис. 23.9

(6). Для этой цели могут быть рекомендованы задачи 7 и 8 из упр. 42 учебника.

Следующий урок (урок 4) посвящают решению задач и ознакомлению учащихся с применением зависимости кинетической энергии от массы и скорости в технике и технологии производства.

Урок целесообразно построить так.

Вначале заслушивают сообщения учащихся о практическом применении зависимости кинетической энергии

от массы и скорости тела.

Примером использования указанной зависимости в технике может служить разделение смеси зерен по массе с помощью зерномета (зернопульта) (рис. 23.7). Зерно, поступая из засыпного ковша 1 на ленту 2 зерномета, прижимается к ней валиком 3. Вследствие этого все зерна приобретают одинаковую скорость, равную скорости движения ленты (25—30 м/с). С этой скоростью по инерции «выбрасываются» с ленты зерномета все зерна и примеси. Так как массы зерен и примесей различны, они имеют разную кинетическую энергию и вследствие этого способны совершить различную работу по преодолению сопротивления воздуха.

Затем приступают к решению задач. Прежде всего нужно рассмотреть задачи на расчет работы, которая совершается при трогании электровоза с места и его торможении.

Для решения наряду с вычислительными следует предложить учащимся экспериментальные и графические задачи.

Вызывает интерес у ребят задача по определению кинетической энергии и скорости, с которой выбрасывается вертикально вверх снаряд пружинного пистолета. На демонстрационном столе устанавливают пружинный пистолет и рядом с ним вертикально демонстрационный метр (рис. 23.8). Измерив высоту h , на которую поднимается шарик, ученики вычисляют его скорость при помощи формулы $v = \sqrt{2gh}$.

Чтобы определить кинетическую энергию, нужно еще измерить массу снаряда. Для этого применяют рычажные весы.

Для закрепления знания зависимости кинетической энергии от массы и скорости тела разбирают задачи-вопросы, например, такие:

1. Какая из двух машин, движущихся по шоссе с одинаковой скоростью, после начала торможения проходит большее расстояние до полной остановки: тяжелогруженная или легковая? Почему?

2. Какой автомобиль — грузовой или легковой — должен пройти большее расстояние от начала движения, чтобы набрать одинаковую заданную скорость (например, 60 км/ч)? Почему?

На следующем уроке (у р о к 5) дают понятие о работе силы тяжести. Этот вопрос можно предложить учащимся изучить самостоятельно по учебнику (§ 66, стр. 183—186). Чтобы работа с учебником носила целенаправленный характер, желательно вопросы и задания, по которым будут проверяться их знания, записать на доске перед началом самостоятельной работы:

1. Как движется тело под действием силы тяжести?

2. Какая существует связь между силой тяжести и массой тела при свободном падении?

3. Зависит ли работа силы тяжести от траектории движения тела?

4. Как доказывалась независимость работы в поле силы тяжести от траектории движения?

5. Почему работа в поле силы тяжести по замкнутой кривой равна нулю?

Для закрепления и лучшего усвоения материала полезно после собеседования предложить учащимся следующие задачи:

1. Определить работу, совершаемую человеком при подъеме вверх по лестнице (рис. 23.9). Масса человека $m=70$ кг, высота подъема $H=1,5$ м, длина наклонной плоскости, образованной ступеньками, $l=2$ м.

2. Какую работу совершает стогометатель, поднимая копну сена массой 200 кг на высоту 5 м?

3. С какой скоростью нужно подбросить вверх мяч, чтобы он поднялся на высоту 10 м? Какова работа силы тяжести при подъеме мяча вверх? При падении вниз? Какова полная работа силы тяжести при этом? Масса мяча 0,2 кг.

4. Какая работа совершается двигателями системы при выведении искусственного спутника Земли на орбиту с максимальным удалением от Земли в 300 000 м, если масса спутника 1000 кг? Сопротивлением воздуха пренебречь. Чему равна работа силы тяготения при движении искусственного спутника вокруг Земли?

Могут быть также предложены задачи № 1, 2, 3 из упр. 43 учебника.

От рассмотрения работы силы тяжести естествен переход к определению потенциальной энергии тела, поднятого над Землей. Этому вопросу целесообразно посвятить специальный урок (у р о к 6 по теме).

Записывают формулу работы силы тяжести

$$A = m |\vec{g}| h, \quad (7)$$

где h есть разность начальной (h_1) и конечной (h_2) высот.

Следовательно,

$$A = m |\vec{g}| (h_1 - h_2). \quad (8)$$

Раскрыв скобки и переставив порядок членов, получают выражение

$$A = -(m |\vec{g}| h_2 - m |\vec{g}| h_1). \quad (9)$$

Обращают внимание на то, что работа представляет собой взятое с противоположным знаком изменение величины произведения массы тела m на модуль ускорения свободного падения \vec{g} и на высоту h , на которую поднято тело. Напоминают, что на одном из предыдущих уроков было установлено равенство работы изменению величины $\frac{mv^2}{2}$, которая была названа кинетической энергией. По-

этому величину $m |\vec{g}| h$, изменение которой, взятое с обратным знаком, тоже равно работе, также называют энергией, но не кинетической, а потенциальной: $m |\vec{g}| h$ — это потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h над нулевым уровнем тела, на которое действует сила тяжести.

Возможен и такой вариант построения урока.

Урок начинают с повторения знаний учащихся о потенциальной энергии, известных из курса физики VI класса. Учащиеся должны вспомнить, что потенциальная энергия — это один из видов механической энергии, что она зависит от взаимного расположения взаимодействующих тел или взаимного расположения частей тела.

Далее, напомнив, что механическая энергия характеризует способность тел совершать работу, можно спросить, какую работу способно совершить тело, поднятое над Землей на высоту h , под действием силы тяжести. Учащиеся вспоминают, что эта работа равна произведению массы тела на ускорение свободного падения и высоту, на которую поднято тело от нулевого уровня: $A = m |\vec{g}| h$.

Значит, произведение $m |\vec{g}| h$ определяет потенциальную энергию тела, поднятого над Землей на высоту h .

Обращают внимание на то, что потенциальная энергия зависит от координаты h , т. е. является функцией высоты h . Напоминают, что кинетическая энергия зависит от скорости тела, т. е. является функцией состояния движения тела. Таким образом, подводят учащихся к выводу, что и потенциальная энергия тела, поднятого над Землей, и кинетическая энергия движущегося тела являются функциями состояния тела. Чтобы учащиеся это лучше усвоили и запомнили, нужно записать обе формулы рядом — для сравнения и сопоставления:

$$E_k = \frac{mv^2}{2}; \quad E_p = m|\vec{g}|h.$$

Теперь можно перед учащимися выдвинуть проблему: «Пусть тело падает с высоты h_1 до высоты h_2 . Какая работа совершается силой тяжести? Как изменится при этом потенциальная энергия тела? Как выразится в этом случае связь между работой и изменением потенциальной энергии?»

Учащиеся вначале находят для работы выражение

$$A = m|\vec{g}|(h_1 - h_2),$$

затем приводят его к виду

$$A = m|\vec{g}|h_1 - m|\vec{g}|h_2. \quad (10)$$

Учитель напоминает, что изменением какой-либо величины называют разность между ее последующим значением и предыдущим, а не наоборот. Поэтому, для того чтобы выразить связь между работой и изменением потенциальной энергии тела, надо взять разность $m|\vec{g}|h_2 - m|\vec{g}|h_1$, а не разность $m|\vec{g}|h_1 - m|\vec{g}|h_2$, т. е. в формуле (10) надо в правой части поменять местами члены и вынести за скобки знак «—». Учащиеся получают равенство

$$A = -(m|\vec{g}|h_2 - m|\vec{g}|h_1). \quad (11)$$

Анализ полученного равенства позволяет сформулировать вывод: работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии, взятому с противоположным знаком.

Кратко это можно выразить так:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}). \quad (12)$$

Внимание учеников нужно обратить на то, что потенциальная энергия зависит от положения тела относительно нулевого уровня, но нулевой уровень можно выбрать произвольно. Так, мы можем отсчитывать потенциальную энергию тела, поднятого над Землей, относительно пола комнаты, относительно крышки демонстрационного стола и т. д. Значение координаты h в этих случаях будет различным, значит, различно будет и значение потенциальной энергии. Таким образом ученики приходят к выводу, что значение потенциальной энергии тела зависит от выбора нулевого уровня потенциальной энергии, т. е. такого состояния тела, при котором потенциальная энергия условно принимается равной нулю.

Для четкого разграничения понятий «кинетическая энергия» и «потенциальная энергия» можно предложить следующие задания с вариантами ответов (см. табл. 23.3).

На этом уроке целесообразно также предложить учащимся вопросы 4—7 и задачи № 8 и 9 из упр. 43 учебника [4].

Вопросы	Варианты ответов
<p>I. Какие из указанных тел обладают потенциальной энергией?</p> <p>II. Какие из указанных тел обладают кинетической энергией?</p>	<p>1) сжатая пружина</p> <p>2) автомобиль, движущийся по шоссе</p> <p>3) поднятый краном груз</p> <p>4) лежащий на земле мяч</p> <p>5) камень, лежащий на краю пропасти</p>
<p>III. Какие из указанных тел обладают одновременно и кинетической, и потенциальной энергией?</p> <p>IV. Какие из указанных тел не обладают механической энергией относительно покоящихся на земле тел?</p>	<p>1) летящий самолет</p> <p>2) книга, лежащая на столе</p> <p>3) катящийся по полю мяч</p> <p>4) парашютист, опускающийся на землю</p> <p>5) парашютист, опустившийся на землю</p>
<p>V. Относительно каких тел обладает кинетической энергией пассажир, сидящий в вагоне идущего поезда?</p> <p>VI. Относительно каких из перечисленных тел пассажир, сидящий в вагоне идущего поезда, не обладает кинетической энергией?</p>	<p>1) относительно движущегося навстречу поезда</p> <p>2) относительно предметов, расположенных у полотна дороги</p> <p>3) относительно стен и пола вагона</p> <p>4) относительно пассажира, движущегося вдоль коридора вагона</p> <p>5) относительно автомобиля, едущего по шоссе параллельно полотну дороги (в том же направлении, что и поезд, с такой же скоростью)</p>

Следующий (7-й урок) посвящается изучению работы сил упругости и потенциальной энергии упруго деформированного тела. Вопрос о работе силы упругости целесообразно изложить учителю, а материал о потенциальной энергии упруго деформированного тела можно предложить учащимся изучить самостоятельно по учебнику [4, § 67]. Учащиеся предыдущими уроками уже подготовлены к тому, чтобы разобраться в этом вопросе самостоятельно.

Принципиально новым на данном уроке является нахождение способа определения работы для случая, когда действующая на тело сила изменяется по модулю.

Ученикам предлагают вспомнить формулировку закона Гука, выражающего зависимость силы упругости от смещения (деформации): $F_{\text{упр}} = -kx$. Их внимание обращают на то, что для определения работы нужно взять среднее значение модуля силы упругости, которое находят по формуле $|\vec{F}_{\text{упр. ср}}| = k \frac{x_1 + x_2}{2}$, модуль же перемещения равен разности координат $x_1 - x_2$.

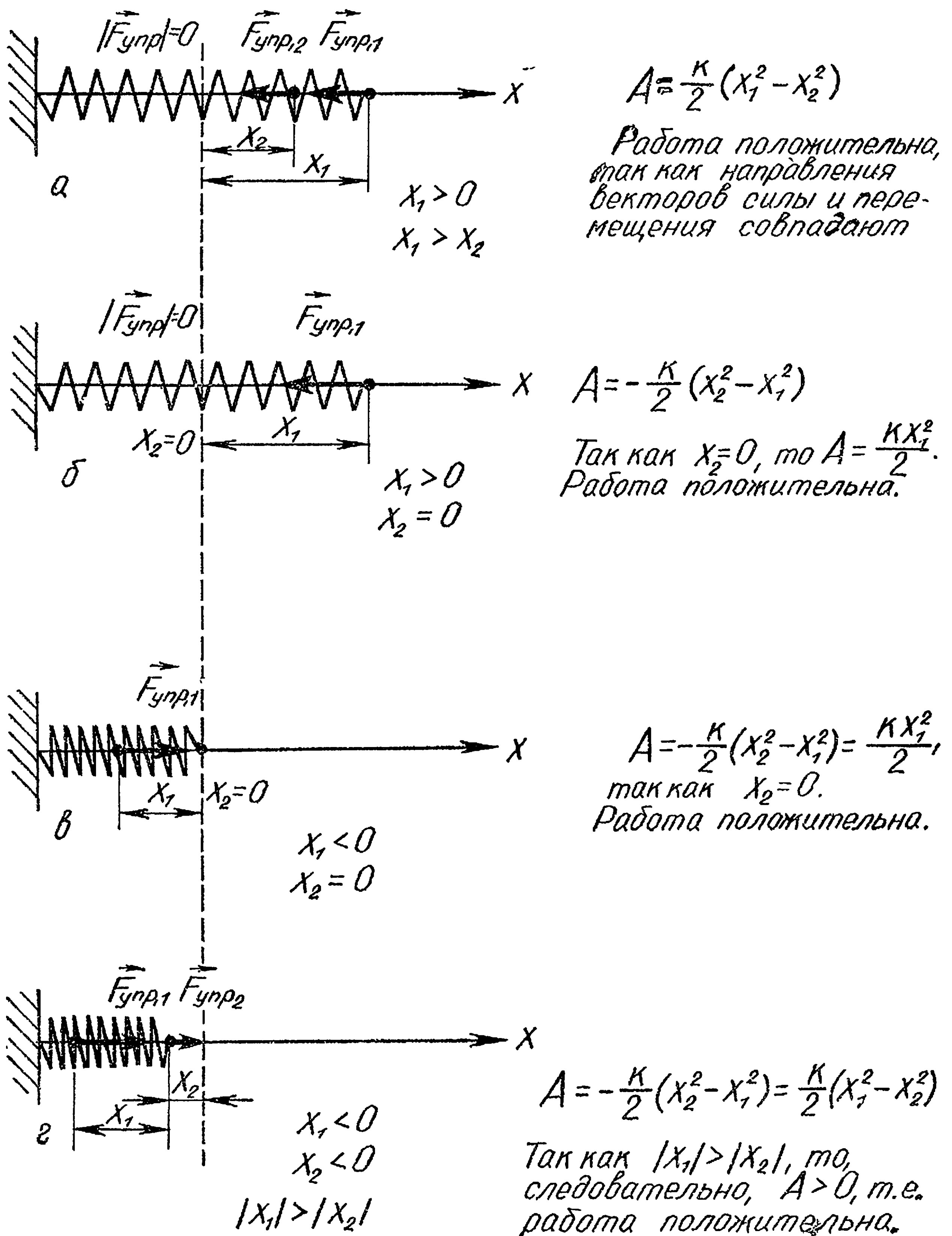


Рис. 23.10

Далее учащиеся самостоятельно получают формулу работы:

$$A = \frac{k}{2} (x_1^2 - x_2^2), \text{ или } A = -\frac{k}{2} (x_2^2 - x_1^2). \quad (13)$$

Формулу анализируют: находят значения работы для случаев, когда $x_2 = 0$, но $x_1 > 0$; когда $x_1 = 0$, но $x_2 > 0$. Анализ проходит более успешно при условии, если сопровождается выполнением ри-

сунков, поясняющих процесс (рис. 23.10). В результате анализа приходят к выводу, что работа силы упругости всегда положительна.

Здесь уместно сравнить работу силы тяжести и работу силы упругости:

$$A = m |\vec{g}| (h_1 - h_2); \tag{14}$$

$$A = \frac{k}{2} (x_1^2 - x_2^2). \tag{15}$$

На основе анализа формул (14) и (15) учащиеся приходят к выводу, что работа силы упругости и силы тяжести зависит только от начального и конечного положений тела и не зависит от формы и длины пути, по которому оно движется.

Знание формулы для определения работы сил упругости закрепляют решением задач вида 6, 7 и 8 из упр. 44 учебника.

Вопрос о потенциальной энергии упруго деформированного тела в учебнике изложен достаточно четко и доступен для самостоятельного изучения учащимися. После проверки усвоения этого материала желательно обобщить знания о видах механической энергии и связи работы с изменением энергии. В процессе обобщения полезно составить таблицу (табл. 23.4).

Заполняя и анализируя таблицу, учащиеся яснее осознают такое важное свойство энергии, как ее зависимость от состояния тела (или системы тел): от скорости движения (кинетическая энергия), от высоты подъема над Землей (потенциальная энергия тела, поднятого над Землей), от степени деформации (потенциальная энергия упруго деформированного тела).

Т а б л и ц а 23.4

Вид (название) механической энергии	Определение	Формула для определения данного вида энергии	Особенности вида энергии	Связь работы с изме- нением энергии
Кинетиче- ская	Энергия, обусловлен- ная движе- нием тела	$E_k = \frac{mv^2}{2}$	Равна макси- мальной работе, которую может совершить тело при полном торможении	$A = E_{k2} - E_{k1} =$ $= \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$
Потенци- альная: а) тела, поднятого над Землей; б) упруго деформиро- ванного тела	Энергия, обусловлен- ная взаимо- действием тел или ча- стей тела	$E_p = m \vec{g} h$ $E_p = \frac{kx^2}{2}$	Равна всей работе, которая может быть со- вершена при переходе сис- темы на нуле- вой уровень	$A = -(E_{p2} -$ $- E_{p1}) =$ $= -(m \vec{g} h_2 -$ $- m \vec{g} h_1)$ $A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right)$

В результате выполненной работы восьмиклассники приходят к первому выводу обобщающего характера: энергия является функцией состояния тела (системы тел).

Второе важное обобщение, которое также делают ученики, заключается в установлении связи работы с изменением энергии: работа во всех случаях равна изменению энергии тела (или взаимодействующих тел).

7. Работа силы трения

При изучении работы силы трения необходимо акцентировать внимание учащихся на усвоение следующих положений:

1) работа силы трения в большинстве случаев отрицательна, так как сила трения направлена в сторону, противоположную движению;

2) полная работа силы трения в отличие от работы сил тяготения и упругости при движении «туда и обратно» не равна нулю, а равна произведению модуля силы на пройденный путь, взятому со знаком «—».

На уроке, посвященном изучению работы силы трения, следует решить задачи на определение работы на пути торможения и коэффициента трения — по значению начальной скорости и пути торможения. Это удобный момент для повторения второго закона Ньютона и уравнения равноускоренного движения.

Для этой цели могут быть рекомендованы такие задачи:

1. Грузовой поезд начинает тормозить при движении со скоростью 72 км/ч. Какой путь он пройдет до полной остановки, если масса поезда 4000 т, коэффициент трения 0,05? Какую работу совершают силы трения при этом? Превращения каких видов движения происходят в процессе этой работы?

2. Изобразить графически работу силы трения при торможении грузового поезда (см. задачу 1).

3. Какую работу совершает трактор в агрегате со сцепом из 5 сеялок, чтобы засеять участок размером 1000×1800 м, если тяговое сопротивление одной сеялки 9800 Н, ширина захвата 3,6 м?

В связи с тем что на данном уроке заканчивается изучение механической работы сил различного вида, желательно провести обобщение и систематизацию полученных учащимися знаний о механической работе. Эту систематизацию целесообразно завершить оформлением таблицы (см. табл. 23.5).

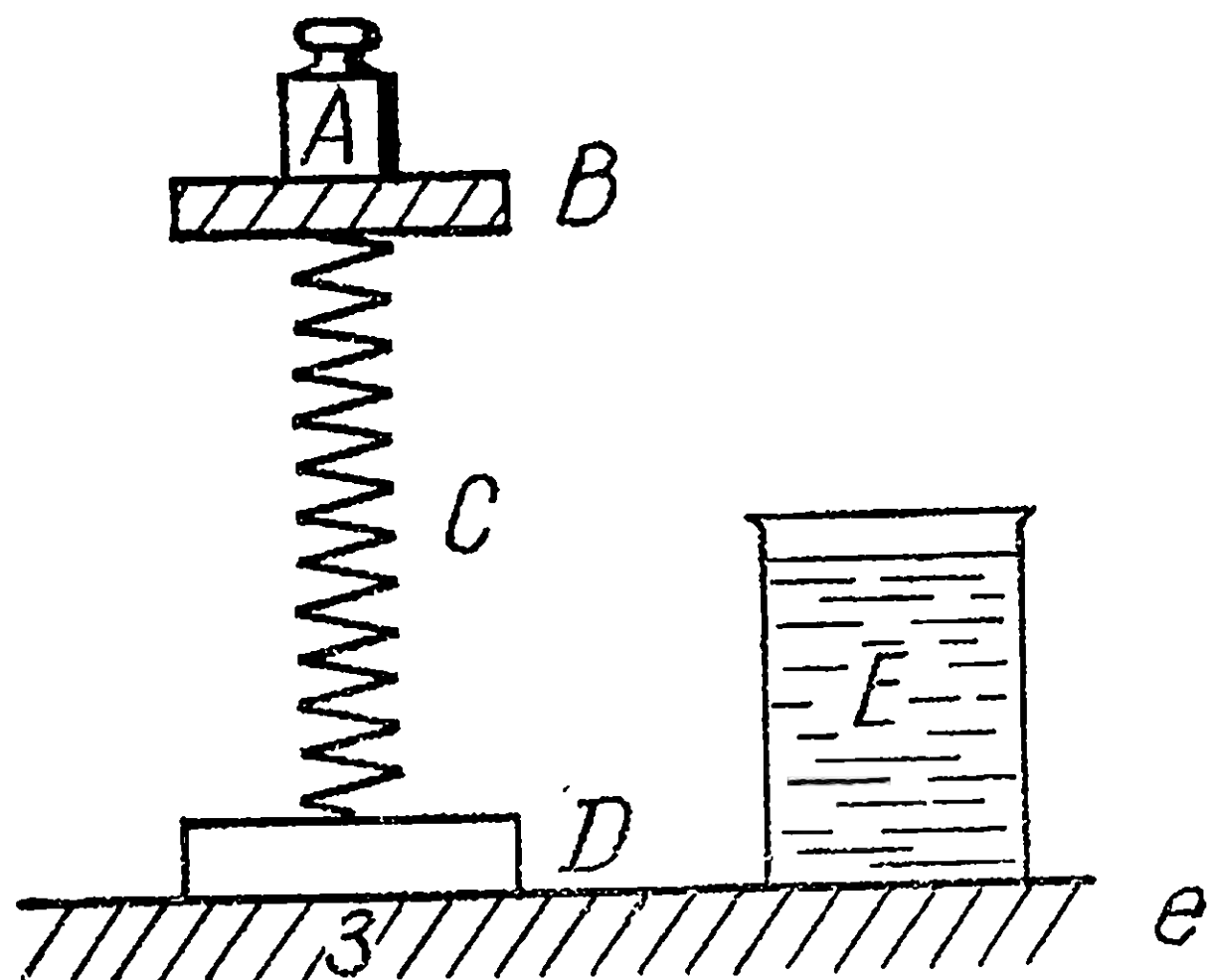
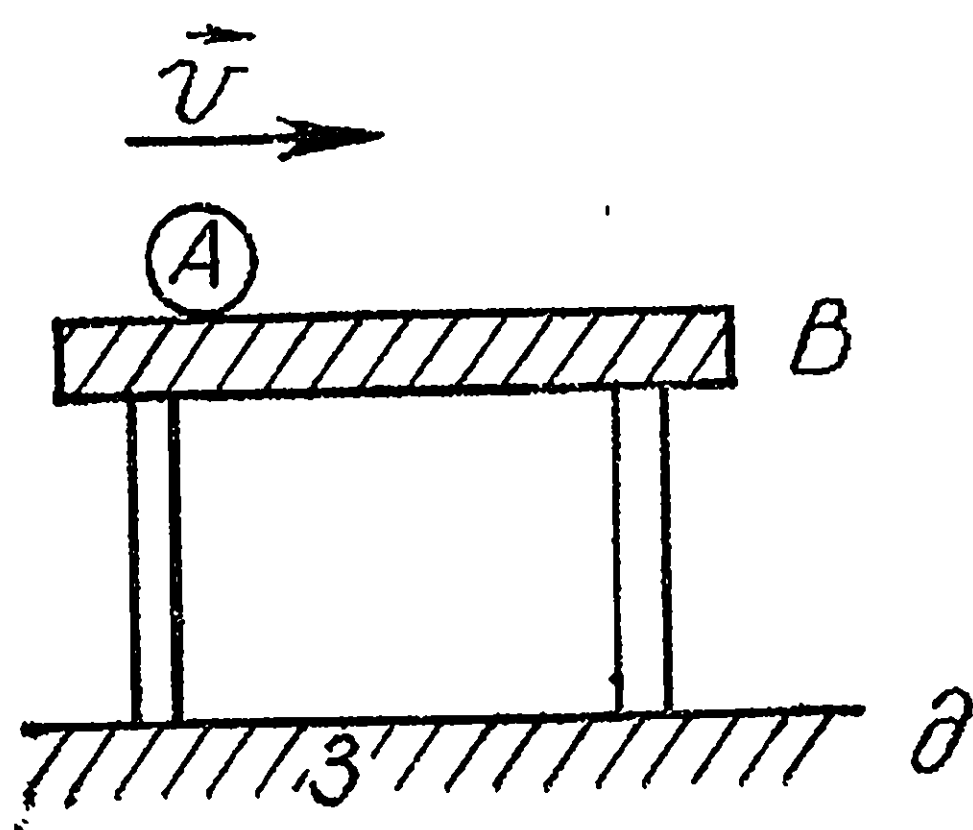
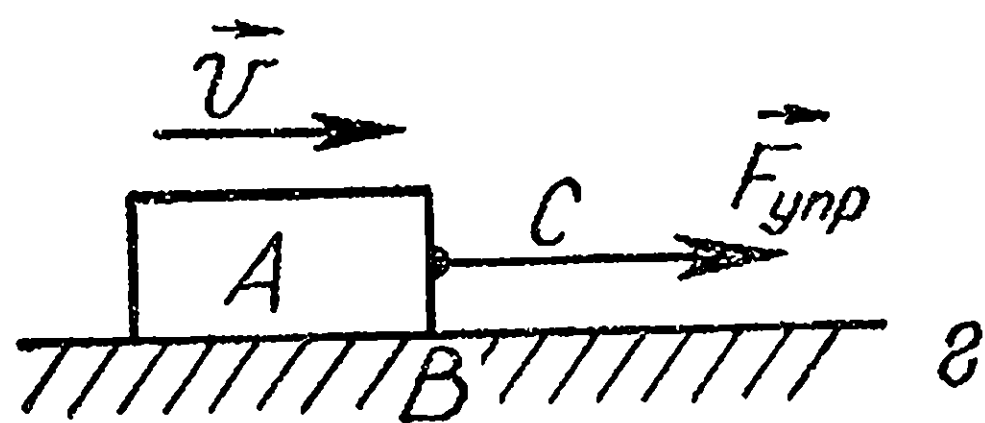
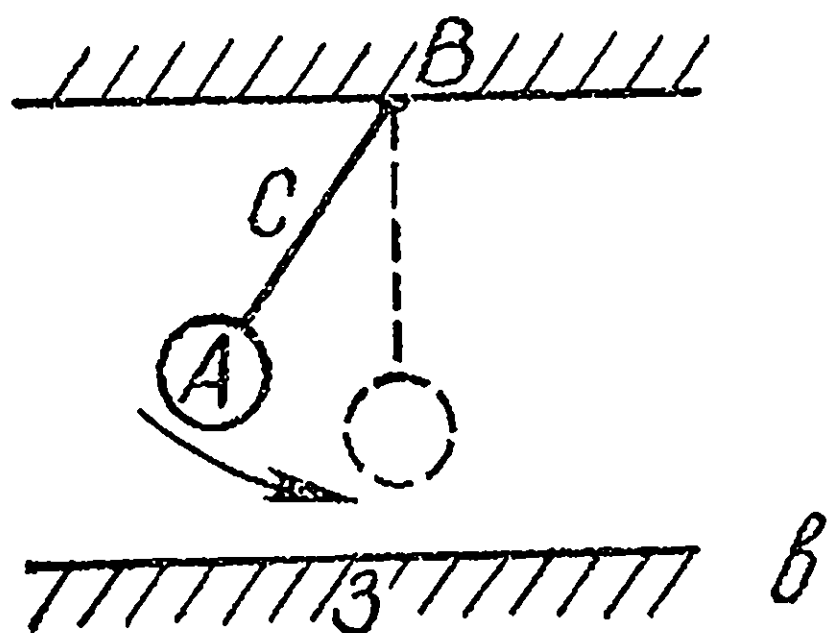
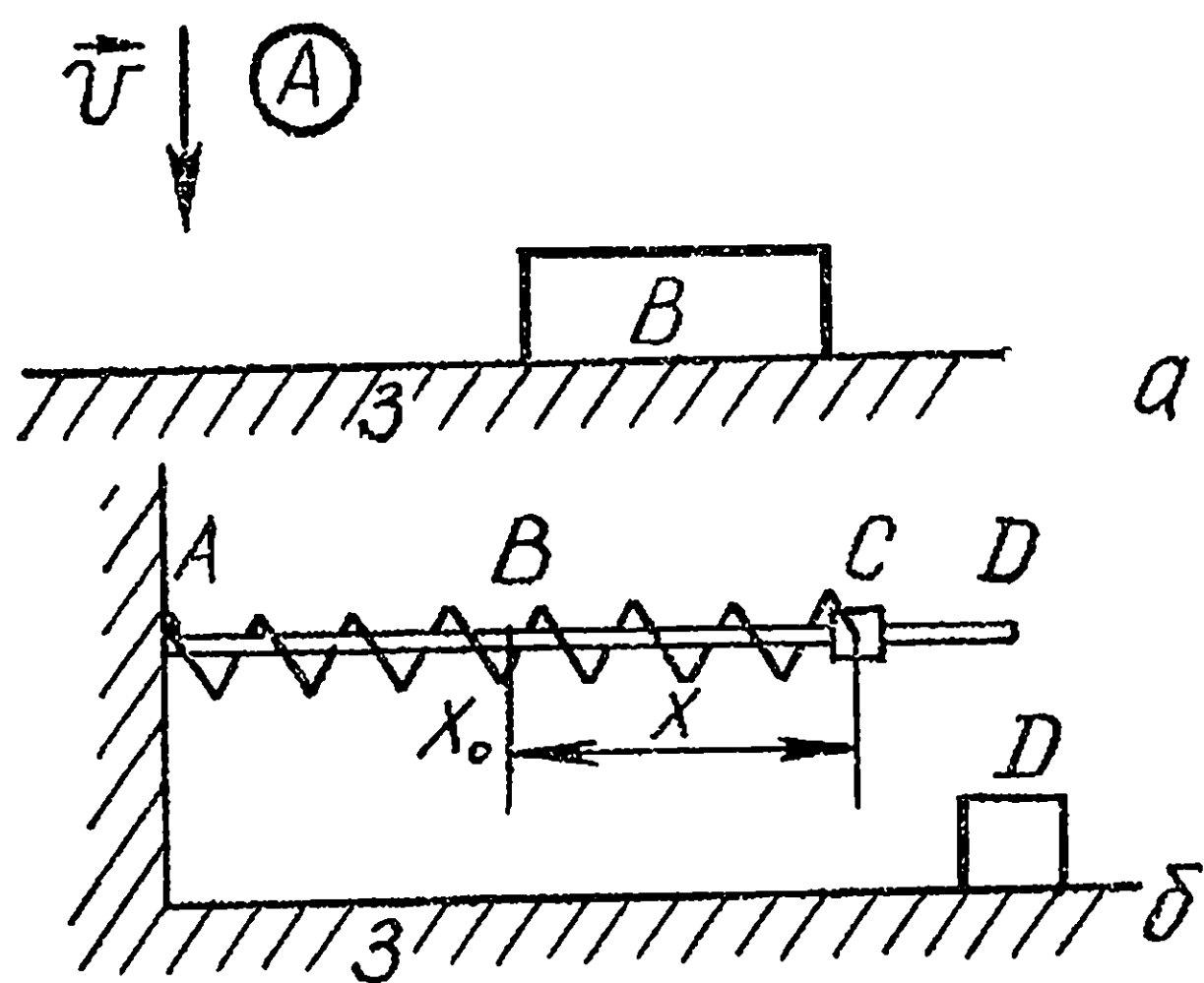
Виды механической работы	Формула для вычисления работы	Особенности этого вида работы
Работа силы тяжести	$A = m \vec{g} (h_1 - h_2)$	1) Не зависит от длины и формы пути, проходимого телом. 2) Всегда равна произведению силы тяжести на разность высот в исходном и конечном положениях. 3) Полная работа при движении тела по замкнутому контуру равна нулю
Работа силы упругости	$A = \frac{k}{2} (x_1^2 - x_2^2)$	1) Зависит от начального и конечного положений тела. 2) Равна половине произведения жесткости упругого тела на разность квадратов его начальной и конечной деформаций. 3) Полная работа при движении тела «туда и обратно» равна нулю
Работа силы трения	$A = - \vec{F}_{\text{тр}} l$	1) Равна произведению модуля силы на длину пути, пройденного телом. 2) Отрицательна, так как сила трения направлена в сторону, противоположную движению тела. 3) Зависит от длины пути, пройденного телом

8. Методика изучения закона сохранения и превращения энергии в курсе физики VIII класса

Закон сохранения энергии является одним из основных законов не только физики, но и всего современного естествознания. В предисловии к «Анти-Дюрингу» Ф. Энгельс называл его великим основным законом движения.

В процессе развития естествознания открывались новые виды движения, в связи с этим уточнялось и вместе с тем обобщалось понятие энергии, но содержание закона сохранения и превращения энергии не изменялось. Изменялись только формы его выражения. Это нашло отражение и в научной, и в учебной литературе.

В «Большой советской энциклопедии» дается следующая формулировка закона: энергия «...любой замкнутой материальной системы при всех процессах, происходящих в системе, сохраняется; энергия при этом только превращается из одной формы в другую...; если материальная система подвергается внешним воздействиям, в результате которых она переходит из одного состояния в другое, то возрастание (убывание) ее энергии равно убыли (возрастанию) энергии взаимодействующих с ней тел.



...Энергия является однозначной функцией состояния системы. Это положение может рассматриваться как другая формулировка з. с. и п. э.»¹:

Закон сохранения и превращения механической энергии рассмотрен в § 69—70 учебника [4]. В остальных параграфах (§ 71—74) анализируются примеры применения этого закона в механике. Можно придерживаться методики, принятой в учебнике, однако при этом необходимо обратить внимание на следующие моменты.

Учащиеся должны основательно усвоить понятия «полная механическая энергия тела», «полная механическая энергия замкнутой системы», «изменение энергии», так как эти понятия составляют ядро формулировки закона сохранения и превращения энергии.

Сознательное усвоение содержания закона и выработка умения применять его для объяснения явлений природы и техники могут быть достигнуты только путем применения специальной системы упражнений.

Первоначальное понятие о замкнутой системе учащиеся получили ранее, при изучении закона сохранения импульса. Поэтому в данный момент в связи с изучением закона сохранения и превращения энергии необходимо лишь уточнить содержание понятия и закрепить умение оперировать им. Для этого можно предложить учащимся следующее упражнение:

¹ Большая советская энциклопедия. М., т. 49, с. 76.

Рис. 23.11

На рисунке 23.11, а, б, в, г, д, е изображены системы тел (A, B, C, D, \dots). Указать для каждого случая, совокупность каких тел можно рассматривать как замкнутую систему.

Для уточнения понятия «полная энергия тела» можно предложить задачи, подобные следующей:

Мяч массой 100 г бросают вертикально вверх. Найти: 1) кинетическую энергию мяча в момент бросания; 2) полную энергию мяча на высоте 2 м; 3) наибольшую высоту подъема; 4) полную энергию в наивысшей точке. Сравнить полученные значения энергии. Сопротивлением воздуха пренебречь.

В результате решения задачи учащиеся делают вывод, что полная механическая энергия мяча и в момент бросания, и на высоте 2 м, и в наивысшей точке бросания имеет одно и то же значение; но в наивысшей точке тело имеет только потенциальную энергию, в момент бросания — только кинетическую, а в промежуточных точках — и потенциальную, и кинетическую, но сумма их все время сохраняется.

Теперь остается высказать предположение о том, что это положение будет справедливым для любых тел, и доказать его математически. Так учащиеся подводятся к формулировке закона сохранения и превращения энергии для механических процессов: полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами всемирного тяготения и упругости, остается неизменной, возможны лишь взаимные превращения кинетической и потенциальной энергии.

После формулировки закона сохранения для механических процессов необходимо сразу же оговорить, что на практике движущиеся тела находятся не только под воздействием сил тяготения и упругости. Практически не представляется возможным исключить при движении тел воздействие на них сил трения, сопротивления и т. д. вследствие взаимодействия с другими телами (поверхностью тел, по которой данное тело движется, окружающим воздухом и т. д.). Все это приводит к тому, что происходит частичное превращение механического движения в тепловое (при этом совершается механическая работа), в результате чего уменьшается скорость движения тел и их кинетическая энергия. Возможны и обратные процессы: например, тепловое движение частиц сгоревшего топлива или нагретого пара в тепловых двигателях превращается в механическое движение поршня или колеса турбины. В таких случаях говорят о превращении внутренней энергии в механическую. В электродвигателях электрическая энергия превращается в механическую. Возможны и другие превращения, но измерения энергии, проведенные многими учеными, показали, что во всех случаях (во всех явлениях природы и техники) энергия замкнутой системы остается неизменной, она лишь превращается из одного вида в другой, при этом в равновеликих количествах. Нужно отметить, что закон сохранения и превращения энергии положен в основу расчета всех

энергетических установок: двигателей, тепловых и гидроэлектростанций и т. д.

В целях предупреждения формализма в усвоении данного закона решают задачи на определение КПД машин и механизмов, подобные рассмотренным в учебнике для VIII класса.

Наряду с этим полезно предложить следующие экспериментальные задачи:

1. На столе установлен баллистический пистолет (см. рис. 23.8). Определить: 1) кинетическую энергию снаряда в момент выбрасывания его из пистолета; 2) потенциальную энергию снаряда в наивысшей точке подъема. Какие приборы необходимо иметь для того, чтобы ответить на поставленные в задаче вопросы?

2. С наклонной плоскости скатывается стальной шарик, затем некоторое время он движется по горизонтальному участку желоба (см. рис. 23.4). Какие превращения энергии происходят при движении шарика по наклонной поверхности? Куда «исчезает» кинетическая энергия шарика, когда он останавливается после качения по горизонтальной поверхности желоба? Не нарушается ли здесь закон сохранения и превращения энергии? Как определить кинетическую энергию шарика в момент, когда он достигает основания наклонной поверхности?

Наряду с экспериментальными задачами желательно рассмотреть задачи-вопросы:

1. Ученикам было предложено привести примеры превращения потенциальной энергии в кинетическую. Один из учащихся привел следующий пример: «Когда самолет идет на посадку, его потенциальная энергия превращается в кинетическую». Удачно ли был приведен пример? Какие ошибки допустил ученик? Какие в действительности происходят при этом процессы? Что произошло бы с самолетом, если бы при посадке потенциальная энергия самолета превращалась в кинетическую? Какую скорость имел бы самолет в этом случае при посадке с высоты 10 км?

2. Ученик, приводя по заданию учителя примеры превращения кинетической энергии в потенциальную, сказал: «Когда самолет набирает высоту, его кинетическая энергия превращается в потенциальную». Прав ли ученик? Какие превращения энергии происходят в действительности при подъеме самолета?

Опыт показывает, что решение указанных экспериментальных задач и задач-вопросов способствует более глубокому пониманию закона сохранения и превращения энергии, выработке у учащихся умения правильно объяснять явления на основе этого закона, глубже, полнее анализировать наблюдаемые явления.

9. Мощность

Понятие мощности знакомо учащимся из курсов физики VI и VII классов. Они уже знают, что мощность характеризует быстроту выполнения машинами работы и равна отношению совершенной ра-

боты ко времени, в течение которого она совершается. Они знакомы с формулой мощности

$$N = \frac{A}{t} \quad (1)$$

и единицами измерения ее: $1 \text{ Вт} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ с}}$; $1 \text{ кВт} = 1000 \text{ Вт} = 10^3 \text{ Вт}$.

В ~~Ф~~И классе учащиеся знакомятся с новой для них формулой мощности

$$N = |\vec{F}| \cdot |\vec{v}| \quad (2)$$

и из нее находят скорость:

$$|\vec{v}| = \frac{N}{|\vec{F}|}.$$

Анализируя эту формулу, приходят к выводу, что при постоянной силе скорость прямо пропорциональна мощности: чем больше мощность двигателя, тем большую скорость развивает машина. Однако в большинстве случаев сила непостоянна, при больших скоростях она пропорциональна квадрату скорости:

$$|\vec{F}| = \beta v^2. \quad (3)$$

Если значение силы из формулы (3) подставить в формулу (2), то станет очевидным, что при больших скоростях мощность, которую должен развивать двигатель, пропорциональна кубу скорости:

$$N = \beta |\vec{v}|^3. \quad (4)$$

Это относится прежде всего к мощности двигателей самолетов и судов.

Из формулы (2) учащиеся получают также формулу, выражающую зависимость тягового усилия машины от мощности двигателя и скорости движения машины:

$$|\vec{F}| = \frac{N}{|\vec{v}|}. \quad (5)$$

Из формулы (5) видно, что при заданной мощности двигателя тяговое усилие машины тем меньше, чем с большей скоростью движется машина. Поэтому, когда нужно развить большое тяговое усилие, например при подъеме в гору, при движении трактора в агрегате с большим количеством прицепных орудий и машин (сеялок, плугов, борон, культиваторов и т. п.), водитель трактора или автомобиля переключает двигатель с помощью коробки передач на малую скорость. Это относится и к работе двигателей подъемных кранов. Подъем тяжелых грузов осуществляется с меньшей скоростью, чем подъем легких грузов.

При решении задач на расчет тяговой мощности тракторов желательно ввести понятие «мощность на крюке» или «крюковая мощность трактора». Это мощность, затрачиваемая трактором на буксировку работающих с ним в сцепе машин. Ее условное общепринятое обозначение $N_{кр}$.

Внимание учащихся нужно обратить на то, что расчет мощности двигателей, необходимой для производства тех или иных работ, имеет важное практическое значение. Часто бывает необходимо определить, сможет ли двигатель данной мощности выполнить в заданное время необходимую работу или какой мощности нужен двигатель для работы агрегата машин с заданной скоростью. С такого рода расчетами приходится иметь дело, например, в сельском хозяйстве при составлении планов весенне-полевых работ: вспашки, посева, культивации почвы и т. д. С подобными расчетами приходится иметь дело не только инженерно-техническим работникам, но и трактористам, бригадирам. В связи с этим полезно предложить задачи такого содержания:

1. Определить крюковую мощность трактора МТЗ-80 при работе на V передаче, когда он движется со скоростью 10,54 км/ч и тяговое усилие его при этом 11,50 кН.

2. Определить тяговый КПД¹ трактора МТЗ-50, если его максимальная крюковая мощность равна 25,6 кВт, а максимальная мощность двигателя 40,8 кВт.

3. Сколько пятикорпусных плугов П-5-35М необходимо прицепить к трактору Т-4А для пахоты, чтобы максимально использовать его тяговую мощность на VI передаче, когда она равна 80,38 кВт (наибольшее значение), а скорость движения его 2,04 м/с? Тяговое сопротивление одного плуга равно 12 600 Н.

4. По данным предыдущей задачи определить производительность агрегата за 1 ч работы, если ширина захвата одного корпуса плуга равна 35 см. Сколько гектаров может вспахать такой агрегат за смену (7 ч), если чистое рабочее время составляет 0,8 от времени смены ($\frac{\tau_{\text{раб}}}{T_{\text{смены}}} = 0,8$)?

Эти задачи должны быть решены не только с учащимися сельских, но и городских школ, так как они показывают, что труд механизаторов сельского хозяйства — не только физический труд, он требует знания физики, экономики, умения управлять техникой на научной основе.

10. Движение жидкостей и газов.

Закон Бернулли

В данной теме даются некоторые сведения об элементах гидро- и аэродинамики, главным образом под углом зрения применения

¹ Тяговый КПД определяется по отношению максимального значения крюковой мощности трактора к максимальной мощности двигателя.

закон сохранения энергии к движущимся без трения массам идеальной несжимаемой жидкости или газа.

Уравнением, выражающим закон сохранения энергии применительно к стационарному движению идеальной несжимаемой жидкости, является уравнение Бернулли. Д а н и и л Б е р н у л л и (1700—1782) ряд лет работал в России и был действительным членом русской Академии наук.

Уравнение Бернулли имеет вид: $\frac{\rho v^2}{2} + \rho gh + p = \text{const}$ и интерпретируется как закон сохранения энергии для единицы объема жидкости в трубке тока. Из уравнения ясно, что $\frac{\rho v^2}{2}$ и ρgh — соответственно кинетическая и потенциальная энергия единицы объема. Давление p можно рассматривать как работу силы давления при подъеме единицы объема жидкости на единицу высоты [1, с. 239].

В VIII классе закон Бернулли изучают качественно.

Вначале повторяют некоторые известные учащимся из курса физики VI класса сведения по гидро- и аэростатике: закон Паскаля и способы измерения давлений с помощью жидкостных и металлических манометров. После этого ставят задачу: изучить распределение давления в движущихся потоках жидкости и газа. При этом следует показать практическую важность такой задачи: измерение врачом давления крови в кровеносных сосудах человека; измерение давления воды, текущей в водопроводных трубах, нефти и газа в нефте- и газопроводах и т. д.

В качестве интересного исторического примера можно привести рассказ «Сражение с невидимкой»¹, в котором описывается борьба с авариями водопровода на заре его строительства в старой Москве.

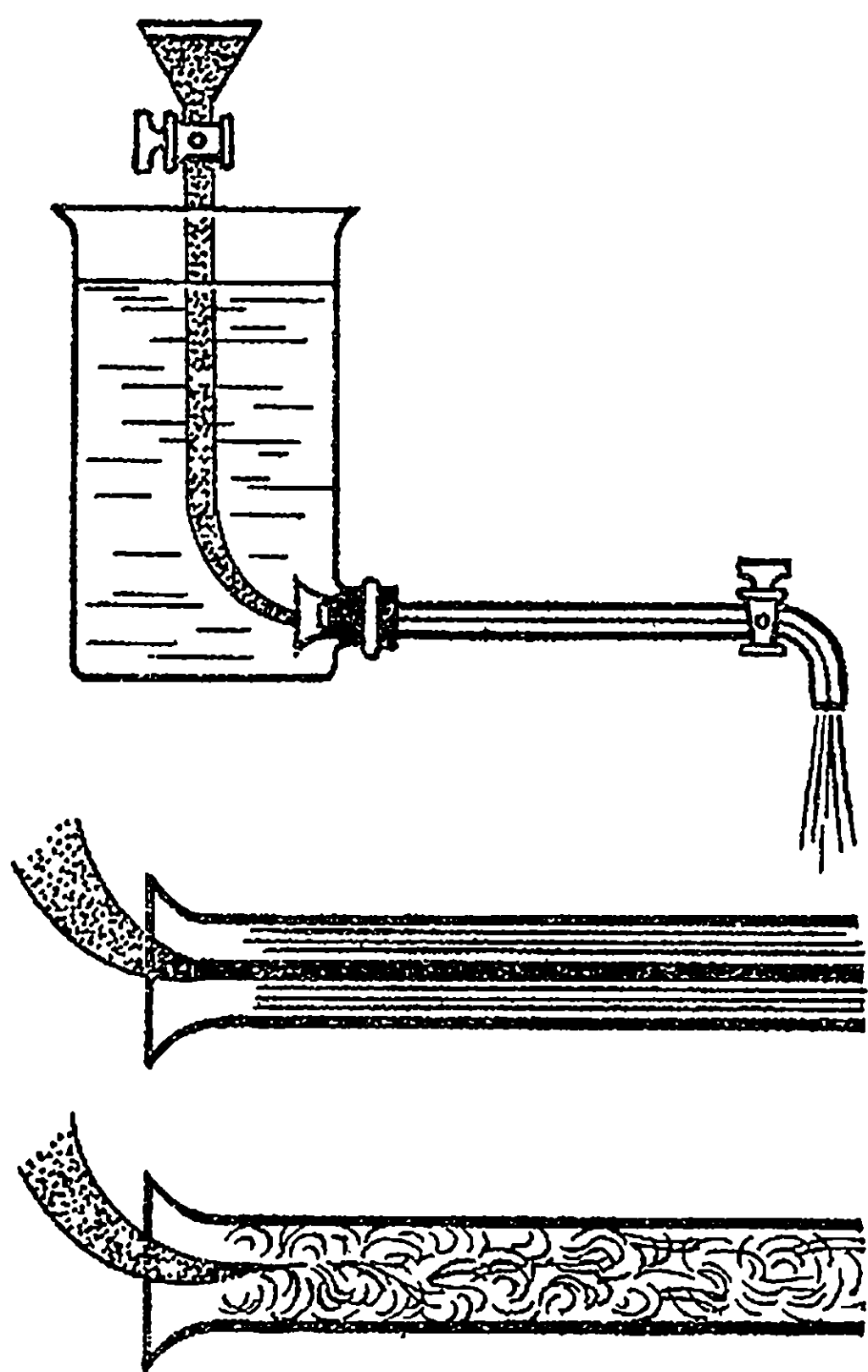


Рис. 23.12

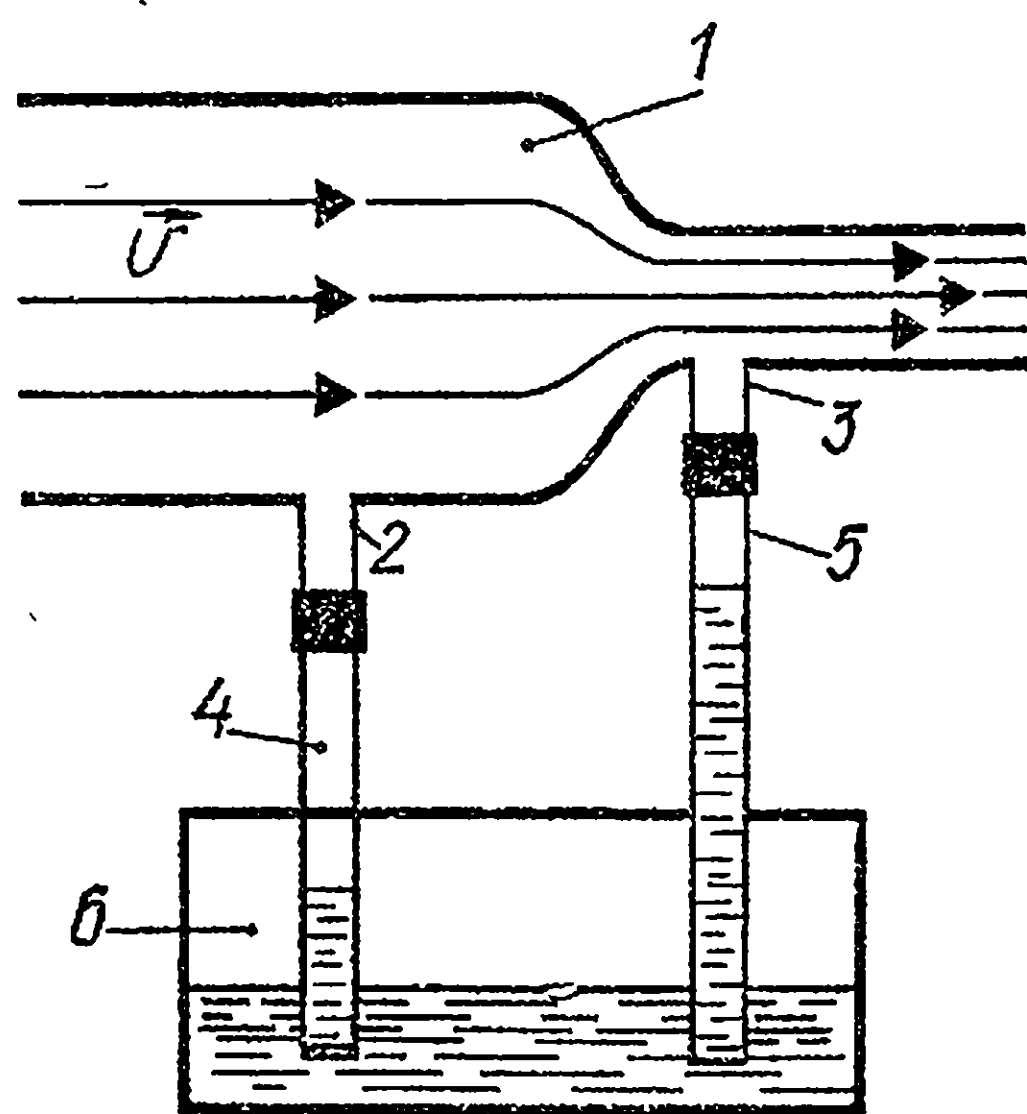


Рис. 23.13

¹ См.: Арлазоров М. Жуковский. М., 1964.

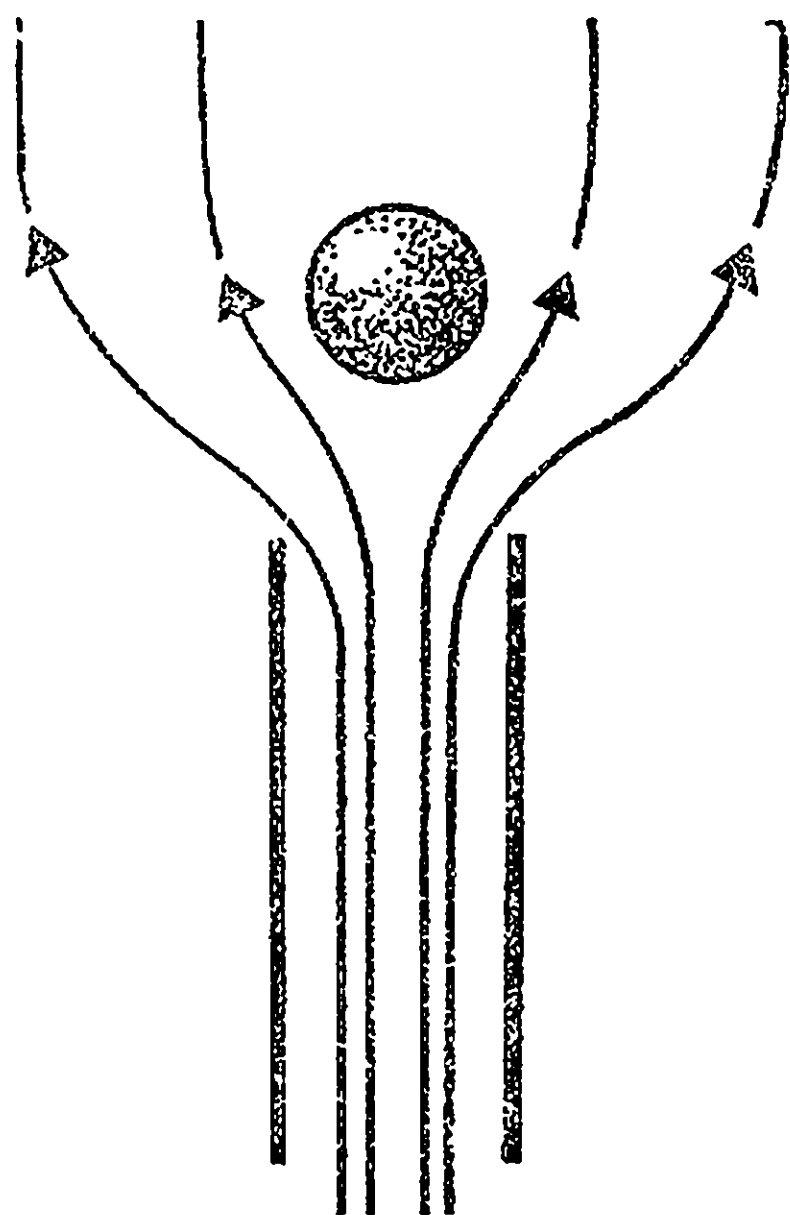


Рис. 23.14

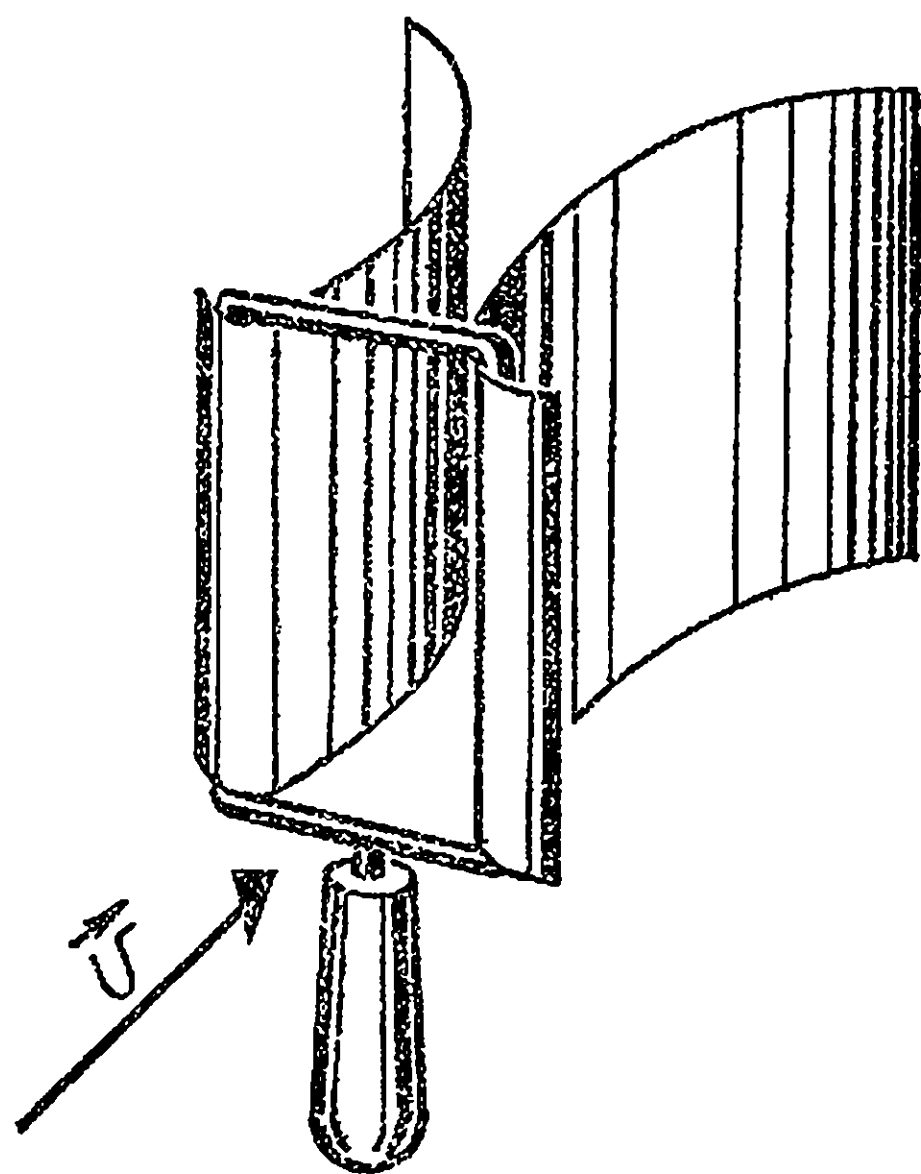


Рис. 23.15

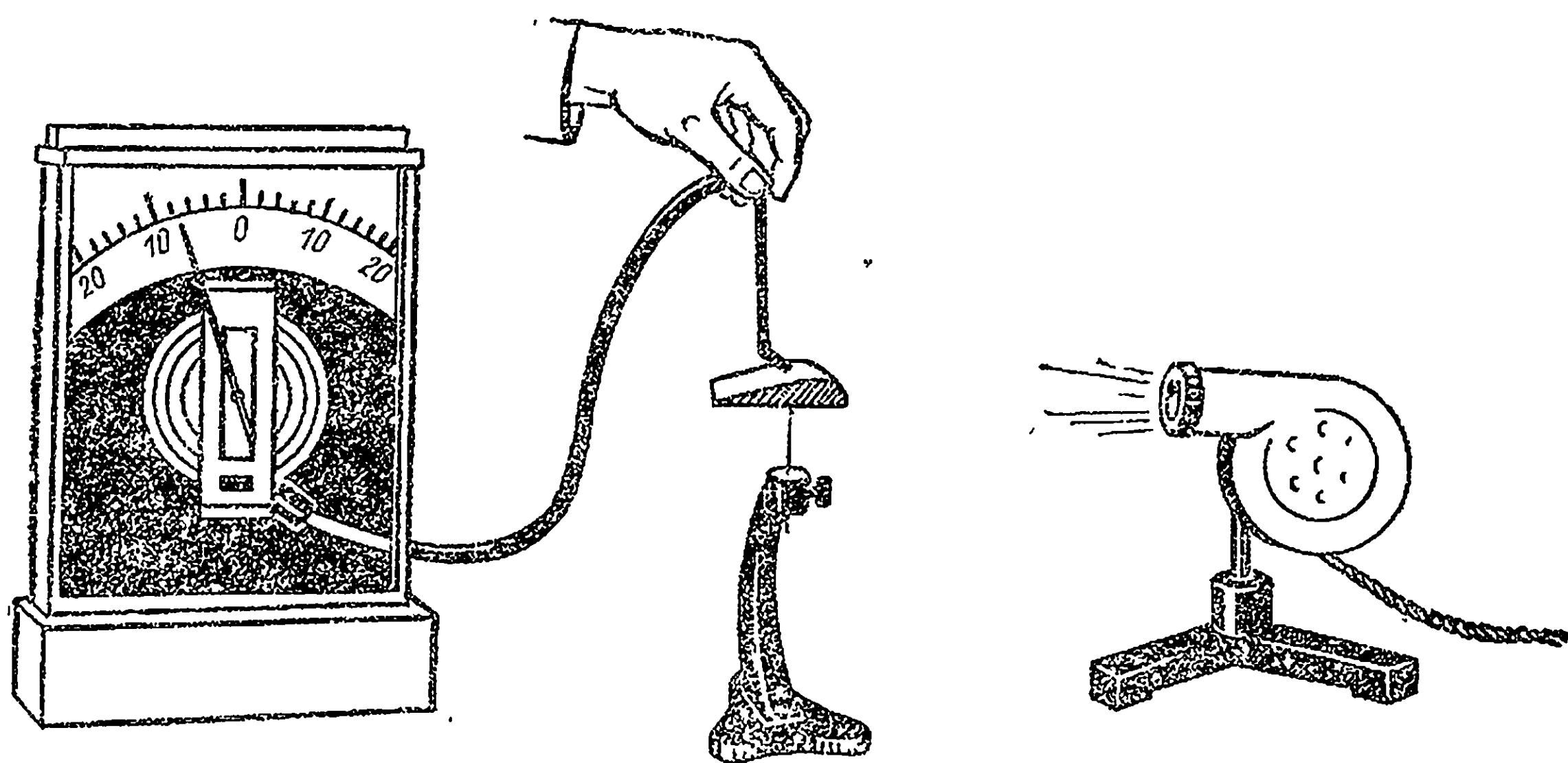


Рис. 23.16

После этого, используя демонстрации (рис. 23.12), следует ввести общее понятие о ламинарном, турбулентном и стационарном течении жидкости.

Затем вводят понятие о неразрывности потока, согласно которому через любое сечение трубы (или трубки тока) должно за единицу времени протекать одинаковое количество несжимаемой жидкости. Это дает возможность получить теорему неразрывности струи: $|\vec{v}| S = \text{const}$, которую для избранных двух сечений записывают в виде $\frac{|v_1|}{|v_2|} = \frac{S_2}{S_1}$. Вывод следует подтвердить демонстрациями [48, ч. 1, опыт 96].

Выразителен также следующий опыт (рис. 23.13). В трубу 1 переменного сечения впаивают трубки 2 и 3, которые с помощью резиновых трубочек соединяются со стеклянными трубками 4, 5, опущенными в сосуд с водой 6. Продувая с помощью аэродинамической

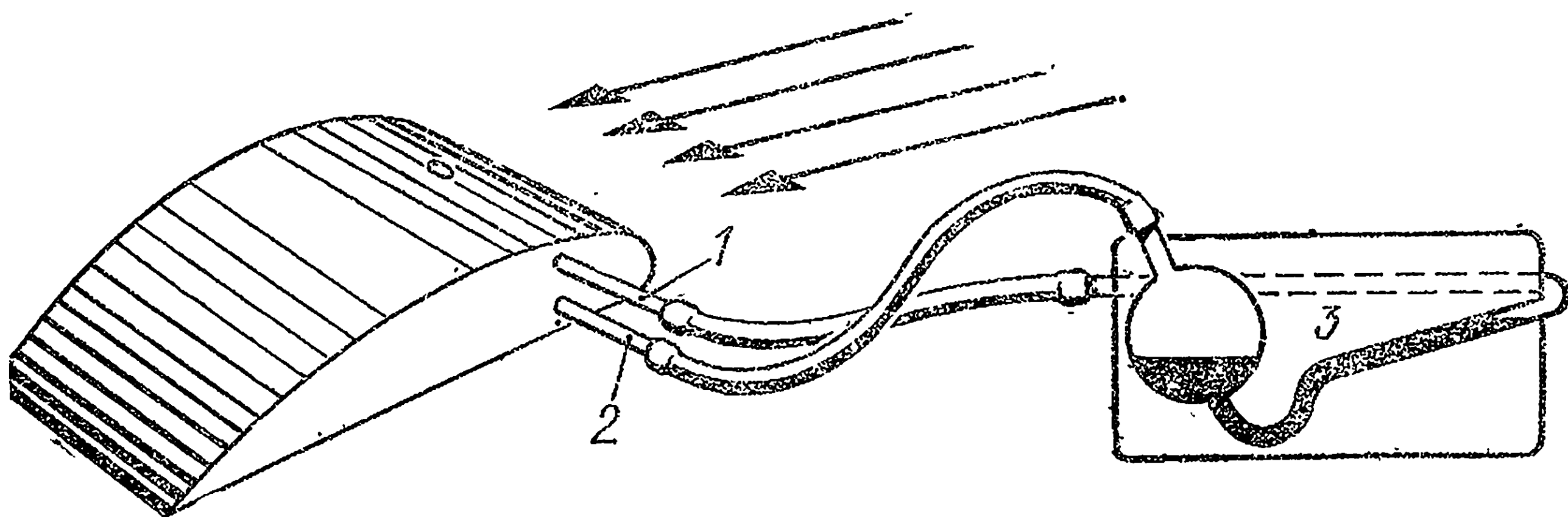


Рис. 23.17

трубы, воздуходувки или пылесоса воздух через трубку 1, наблюдают наибольшее поднятие воды в трубке 5. Вода может даже засасываться и затем разбрызгиваться потоком (принцип действия пульверизатора, карбюратора и др.).

Для закрепления материала полезно решить следующие экспериментальные задачи:

1. Как будет вести себя целлулоидный шарик от настольного тенниса, если его поместить в вертикальную струю воздуха (рис. 23.14)?
2. В какую сторону и почему отклоняются легкие алюминиевые листки прибора (рис. 23.15), если подуть между ними?

В заключение рассматривают вопрос об аэродинамических силах, действующих на крыло самолета. Основной опыт схематически показан на рисунке 23.16 [48, ч. 1, опыт 113].

Вариантом может служить опыт с моделью крыла, в которое вмонтированы трубки 1 и 2; отверстия трубок выведены соответственно на верхнюю и нижнюю плоскости крыла (рис. 23.17). Трубки можно присоединить к коленам чувствительного наклонного жидкостного манометра 3.

Учащимся следует кратко рассказать об истории развития авиации в нашей стране: о А. Ф. Можайском (1825—1890), Н. Е. Жуковском (1847—1921), являвшемся одним из основоположников гидро- и аэродинамики, С. А. Чаплыгине (1888—1942), замечательных советских ученых и авиаконструкторах А. Н. Туполеве (1888—1972), А. С. Яковлеве и др.

ЛИТЕРАТУРА

Учебники и учебные пособия

1. Архангельский М. М. Курс физики. Механика. М., Просвещение, 1975.
2. Гершензон Е. М., Малов Н. Н. Курс общей физики. Механика. М., Просвещение, 1979.

3. Зубов В. Г. Физика. Экспериментальный учебник для 8 класса средней школы. М., Просвещение, 1976.
4. Кикоин И. К., Кикоин А. К. Физика. Учебник для 8 класса средней школы. М., Просвещение, 1978.
5. Кабардин О. Ф., Орлов В. А., Пономарева А. В. Факультативный курс физики. 8 класс. М., Просвещение, 1977.
6. Кабардин О. Ф., Кабардина С. И., Шефер Н. И. Факультативный курс физики. 9 класс. М., Просвещение, 1978.
7. Кабардин О. Ф., Орлов В. А., Шефер Н. И. Факультативный курс физики. 10 класс. М., Просвещение, 1978.
8. Ландау Л. Д., Китайгородский А. И. Физика для всех. М., Наука, 1974.
9. Мякишев Г. Я., Слободсков Б. А., Сотский Н. Н. Физика. Пробный учебник для 8 класса средней школы. Механика. М., Просвещение, 1975.
10. Перышкин А. В., Родина Н. А. Физика. Учебник для 6—7 классов средней школы. М., Просвещение, 1978.
11. Перышкин А. В., Крауклис В. В. Курс физики. Ч. I. Механика. Учебник для средней школы. М., Просвещение, 1970.
12. Роджерс Э. Физика для любознательных. Пер. с англ. М., Мир, 1972, т. 1.
13. Савельев И. В. Курс общей физики. М., Наука, 1970, т. 1.
14. Физика. Механика. Пер. с англ. М., Наука, 1974.
15. Хайкин С. Э. Физические основы механики. М., Наука, 1971.
16. Элементарный учебник физики. Под ред. Г. С. Ландсберга. М., Наука, 1971, т. 1.
17. Яворский Б. М., Пинский А. А. Основы физики. М., Наука, 1969, т. 1.

Задачники. Дидактические материалы. Справочники

18. Балаш В. А. Задачи по физике и методы их решения. М., Просвещение, 1974.
19. Демкович В. П., Демкович Л. П. Сборник задач по физике для 8—10 классов средней школы. М., Просвещение, 1974.
20. Енохович А. С. Справочник по физике. М., Просвещение, 1978.
21. Енохович А. С. Справочник по физике и технике. М., Просвещение, 1976.
22. Контрольные работы по физике в средней школе. М., Просвещение, 1969.
23. Ланге В. Н. Экспериментальные физические задачи на смекалку. М., Наука, 1974.
24. Ланге В. Н. Физические парадоксы и софизмы. М., Просвещение, 1978.
25. Мартынов И. М., Хозяинова Э. Н. Дидактический материал по физике. 8 класс. М., Просвещение, 1975.
26. Низамов И. М. Задачи по физике с техническим содержанием. М., Просвещение, 1967.
27. Очагов Ф. М. Решение задач по механике. М., Просвещение, 1965.
28. Разумовский В. Г., Гуревич А. Е. Задания для контроля знаний учащихся по физике. М., Просвещение, 1976.
29. Разумовский В. Г. Творческие задачи по физике в средней школе. М., Просвещение, 1966.
30. Резников Л. И. Графический метод в преподавании физики. М., Просвещение, 1966.
31. Ротарь А. В. Задачи для юного космонавта. М., Просвещение, 1965.
32. Рымкевич А. П., Рымкевич П. А. Сборник задач по физике для 8—10 классов средней школы. М., Просвещение, 1978.

33. Скрелин Л. И. Дидактический материал по физике. 8 класс. М., Просвещение, 1979.

34. Тульчинский М. Е. Качественные задачи по физике в средней школе. М., Просвещение, 1972.

35. Тульчинский М. Е. Занимательные задачи — парадоксы и софизмы по физике. М., Просвещение, 1971.

История физики

36. Арлазоров А. Циолковский. М., Молодая гвардия, 1963.

37. Бублейников Ф. Д. Галилео Галилей. М., Просвещение, 1964.

38. Бублейников Ф. Д., Веселовский И. Н. Физика и опыт. Исторические очерки. М., Просвещение, 1970.

39. Григорьян А. Т. Механика от античности до наших дней. М., Наука, 1974.

40. Кудрявцев П. С. Исаак Ньютон. М., Учпедгиз, 1963.

41. Кудрявцев П. С. История физики. М., Просвещение, 1956, 1971, т. 1—3.

42. Кудрявцев П. С. Курс истории физики. М., Просвещение, 1974.

43. Космодемьянский А. А. Константин Эдуардович Циолковский. М., Наука, 1976.

44. Льюис М. История физики. М., Мир, 1970.

45. Савелова Е. В. Вопросы истории физики и техники. М., Учпедгиз, 1956.

Методика преподавания физики

46. Буров В. А. Практикум по физике в 8 классе. М., Просвещение, 1972.

47. Демкович В. П. Измерения в курсе физики средней школы. М., Просвещение, 1970.

48. Демонстрационный эксперимент по физике. Под ред. А. А. Покровского. М., Просвещение, 1972, 1978, ч. 1, 2.

49. Жерехов Г. И. Политехническое обучение в демонстрационных опытах. М., Учпедгиз, 1957.

50. Знаменский П. А. Лабораторные занятия по физике в средней школе. М., Учпедгиз, 1955, ч. I и II.

51. Каменецкий С. Е., Орехов В. П. Методика решения задач по физике в средней школе. М., Просвещение, 1974.

52. Марголис А. А., Парфентьева Н. Е., Иванова Л. А. Практикум по школьному физическому эксперименту. М., Просвещение, 1977.

53. Методика преподавания физики в 6—7 классах средней школы. Под ред. В. П. Орехова и А. В. Усовой. М., Просвещение, 1976.

54. Покровский С. Ф. Наблюдай и исследуй сам. М., Просвещение, 1966.

55. Практикум по физике в средней школе. Под ред. А. А. Покровского. М., Просвещение, 1977.

56. Разумовский В. Г. Физика в средней школе США. М., Просвещение, 1973.

57. Резников Л. И., Шамаш С. Я., Эвенчик Э. Е. Методика преподавания физики в средней школе. Механика. М., Просвещение, 1974.

58. Свитков Л. П. Термодинамика и молекулярная физика. М., Просвещение, 1978.

59. Турышев И. К., Лукьянов Ю. И. Преподавание физики в 8 классе. М., Просвещение, 1977.

60. Фронтальные лабораторные занятия по физике в средней школе. Под ред. А. А. Покровского. М., Просвещение, 1974.

61. Шифрин Ф. Ш. Некоторые трудные вопросы преподавания физики. М., Просвещение, 1966.

Статьи в журнале «Физика в школе»

62. Володарский В. Е. Обучение учащихся составлению физических задач — метод развития их мышления. 1975, № 5.
63. Голубев Ю. М. О выполнении лабораторной работы «Выяснение условия равновесия рычага». 1972, № 5.
64. Егоров А. Л. К изучению законов сохранения в школьном курсе физики. 1961, № 5.
65. Киконин И. К. Вопросы механики из курса физики средней школы по новой программе. 1969, № 4.
66. Кубицкий В. А. Использование импульсного стробоскопа в преподавании физики. 1967, № 4.
67. Ле Ван Ланг. Вывод формулы центростремительного ускорения при равномерном движении точки по окружности. 1976, № 5.
68. Орлов О. С., Соловьев В. В. Система работы с учебными фильмами в 8 классе. 1975, № 5.
69. Разумовский В. Г., Усанов В. В., Хижнякова Л. С. Некоторые итоги перехода на новое содержание и пути дальнейшего совершенствования учебного процесса по физике. 1976, № 1.
70. Рошовская Х. Д. Некоторые вопросы преподавания кинематики в 8 классе. 1970, № 3.
71. Свитков Л. П. К рассмотрению реактивного движения. 1974, № 4.
72. Силяков А. З. Преподавание механики с учетом новой программы по математике. 1976, № 2.
73. Соколов П. Е. Прибор для демонстрации относительности движения. 1971, № 4.
74. Сушкова Ф. Б. Связь между физикой и математикой — важный резерв повышения качества знаний. 1975, № 4.
75. Тсрептьев М. М. Из опыта преподавания раздела «Кинематика». 1971, № 6.
76. Ткачук Р. Б. Изучение инерциальных систем отсчета в 8 классе. 1973, № 4.
77. Хижнякова Л. С. Некоторые пути совершенствования преподавания кинематики в 8 классе. 1974, № 4.
78. Хижнякова Л. С. Использование хрестоматийного материала на уроках физики в 8 классе. 1975, № 4.
79. Яковлев В. П. Демонстрационный эксперимент в 8 классе по новой программе. 1970, № 3.

Научно-популярная литература для учащихся

80. Билимович Б. Ф. Законы механики в технике. М., Просвещение, 1975.
81. Блудов М. И. Беседы по физике. М., Просвещение, 1972, ч. I.
82. Григорьев В. И., Мякишев Г. Я. Силы в природе. М., Наука, 1973.
83. Куприн М. Я. Физика в сельском хозяйстве. М., Просвещение, 1977.
84. Линднер Г. Физика в космосе. Пер. с нем. М., Мир, 1966.
85. Литинецкий И. Б. Бионика. М., Просвещение, 1976.
86. Перельман Я. И. Занимательная физика, кн. 1 и 2. М., Наука, 1976.
87. Перельман Я. И. Занимательная механика. М.—Л., Гостехиздат, 1951.
88. Современные достижения космонавтики. М., Знание, 1975.
89. Соколова Е. Н. Центр тяжести. М., Учпедгиз, 1953.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

Глава 1. Задачи и содержание курса физики второй ступени

1. Задачи курса физики второй ступени 5
2. Содержание современного курса физики второй ступени 6
3. Структура курса физики второй ступени 8

Глава 2. Методы обучения физике в старших классах

1. Методы обучения и методические приемы 10
2. Выбор методов обучения 12
3. Формирование у учащихся обобщенных познавательных умений и общих способов решения практических задач 13
4. Особенности методики формирования понятий у учащихся VIII—X классов 17

Глава 3. Формирование научного мировоззрения учащихся

1. Формирование знаний о физической картине мира 23
2. Ознакомление учащихся с процессом научного познания и методами исследования 25
3. Обобщения философского характера в процессе преподавания физики —
4. Формирование материалистических убеждений 29

Глава 4. Идеино-политическое воспитание учащихся в процессе обучения физике

1. Задачи идеино-политического воспитания учащихся в современных условиях 31

2. Методика работы по идеино-политическому воспитанию учащихся в процессе обучения физике 32
3. Воспитание советского патриотизма и социалистического интернационализма 36

Глава 5. Политехническое обучение. Профессиональная ориентация учащихся

1. Сущность и задачи политехнического обучения в условиях научно-технической революции 37
2. Роль и место школьного курса физики в политехническом обучении учащихся 39
3. Вооружение учащихся политехническими знаниями 40
4. Формирование политехнических умений и навыков 42
5. Политехнический принцип и методы преподавания 43
6. Профессиональная ориентация учащихся 45

Глава 6. Проблемное обучение в преподавании физики

1. Проблемное обучение при объяснении нового материала 48
2. Проблемное обучение и самостоятельный эксперимент учащихся 54
3. Решение проблемных задач 55
4. Проблемное обучение при выполнении домашних заданий 56

Глава 7. Формы учебных занятий по физике в VIII—X классах

1. Основные формы учебных занятий по физике в старших классах 60
2. Особенности методики проведения различных форм учебных занятий 66

Глава 8. Лабораторные занятия по физике в VIII—X классах

1. Цели и задачи лабораторных занятий 68
2. Содержание лабораторных занятий и их место в учебной программе 69
3. Активизация деятельности учащихся на лабораторных занятиях 72
4. Обработка данных наблюдений 77

Глава 9. Физические задачи в системе обучения и воспитания

1. Задачи как средство обучения и воспитания 79
2. Использование различных типов физических задач 82
3. Актуальные проблемы методики решения физических задач 85
4. Развитие логического мышления учащихся в процессе решения задач 87
5. Задачи как средство контроля знаний, умений и навыков учащихся 93

Глава 10. Взаимосвязь физики и других предметов

1. Дидактические основы осуществления межпредметных связей 94
2. Роль межпредметных связей в формировании у учащихся понятий, умений и навыков 98
3. Обобщающие семинары как одна из форм осуществления межпредметных связей 101

Глава 11. Внеклассная работа по физике

1. Особенности внеклассной работы в старших классах, формы ее проведения 102
2. Клубная работа 104
3. Вечера физики и техники 108
4. Недели и декады физики 111
5. Физические лектории 112
6. Физические олимпиады —
7. Физический КВН 113
8. Популяризация литературы по физике 114

Глава 12. Научная организация труда учителя физики. Применение технических средств обучения в преподавании физики

1. Основное содержание проблемы научной организации педагогического труда 114
2. Оптимизация условий труда учителя физики 116
3. Экономия времени — одна из основных задач научной организации труда 119
4. Роль технических средств обучения в решении проблемы научной организации педагогического труда 122

Глава 13. Элементы научно-исследовательской работы в труде учителя

1. Владение элементами научно-исследовательской работы — необходимое требование к подготовке учителя физики 126
 2. Основные методы дидактических исследований —
 3. Основные этапы и методика организации исследования 133
 4. Критерии эффективности предлагаемых исследователем методов и форм обучения 134
 5. Тематика и основные направления исследований 137
- Литература 139

II. МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ МЕХАНИКИ В VIII КЛАССЕ

Глава 14. Основные понятия кинематики

1. Общие сведения о механическом движении. Материальная точка. Движение материальной точки. Траектория 143
2. Понятие о системе отсчета 147
3. Перемещение, путь, координата 151
4. Перемещение при прямолинейном равномерном движении. Скорость равномерного движения 155

5. Графическое представление движения	156
6. Относительность движения. Сложение перемещений и скоростей	157

Глава 15. Прямолинейное неравномерное движение

1. Неравномерное движение. Средняя скорость	162
2. Мгновенная скорость	163
3. Ускорение. Равноускоренное движение	165
4. Перемещение при равноускоренном движении	169
5. Измерение ускорения	173
6. Средняя скорость при прямолинейном равноускоренном движении. Связь между перемещением и скоростью	174
7. Свободное падение тел. Движение тела, брошенного вертикально вверх	176

Глава 16. Криволинейное движение

1. Криволинейное движение. Перемещение, скорость и ускорение при криволинейном движении	179
2. Движение по окружности. Линейная и угловая скорости при равномерном движении по окружности	181
3. Ускорение при равномерном движении тела (точки) по окружности	182
4. Обобщающие уроки	185

Глава 17. Задачи и основные понятия раздела «Динамика» курса физики VIII класса

1. Задачи, содержание и структура раздела «Динамика»	189
2. Содержание понятий «масса» и «сила» в современной физике, требования к их усвоению учащимися VIII класса	192

Глава 18. Законы движения Ньютона

1. Первый закон Ньютона	198
2. Анализ изложения второго	

закона Ньютона в учебной литературе	205
3. Методика формирования понятия «масса тела»	207
4. Методика формирования понятия «сила»	213
5. Зависимость между силой, массой и ускорением. Второй закон Ньютона	216
6. Измерение сил. Динамометр. Сложение сил	217
7. Закрепление и углубление материала на второй закон Ньютона	218
8. Третий закон Ньютона	220
9. Заключительное занятие по теме «Законы движения Ньютона»	221

Глава 19. Силы в природе

1. Электромагнитные силы	225
2. Силы упругости	—
3. Силы трения	227
4. Сопротивление движению тел в жидкости и газе	229
5. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения	230
6. Сила тяготения. Сила тяжести. Вес	234

Глава 20. Применение законов движения Ньютона

1. Движение под действием постоянной силы. Движение под действием силы упругости	236
2. Вертикальные движения под действием силы тяжести	238
3. Движение тела по окружности под действием сил тяжести и упругости	240
4. Движение тела, брошенного под углом к горизонту	244
5. Первая космическая скорость. Искусственные спутники Земли. Движение планет	249
6. Движение тела под действием силы трения	250
7. Движение тел и системы тел под действием нескольких сил	254
8. Движение тел на поворотах	257
9. Принцип относительности Галилея. Инерциальные и	

неинерциальные системы от-
счета 261

Глава 21. Элементы статики

1. Понятие о статике 262
2. Равновесие тел при отсутст-
вии вращения 263
3. Равновесие тела с закреп-
ленной осью. Момент силы.
Правило моментов 264
4. Нахождение центра тяже-
сти 267
5. Устойчивость равновесия
тел. Виды равновесия 270
6. Равновесие тел на опорах 271

Глава 22. Импульс тела. Закон сохранения импульса

1. Понятие об импульсе тела.
Сила и импульс 273
2. Закон сохранения импульса 275
3. Реактивное движение. Зна-
чение работ К. Э. Циолков-
ского * * * * * 279

Глава 23. Работа и энергия. Закон сохранения энергии

1. Содержание понятия «рабо-
та» в физике 282
2. Требования к усвоению по-
нятия «работа» учащимися
VI—X классов 283
3. Основные этапы развития
понятия «работа» в курсе
физики средней школы 285
4. Содержание понятия «энер-
гия» в современной физике 288
5. Основные этапы развития
понятия «энергия» 290
6. Методика формирования по-
нятий «работа» и «энергия»
в курсе физики VIII класса 291
7. Работа силы трения 304
8. Методика изучения закона
сохранения и превращения
энергии в курсе физики
VIII класса 305
9. Мощность 308
10. Движение жидкостей и га-
зов. Закон Бернулли 310
- Литература 313

*Орехов Виктор Петрович, Усова Антонина Васильевна, Турышев Иван Кузь-
мич, Лукьянов Юрий Иванович, Завьялов Владимир Владимирович, Ильдяев
Игорь Алексеевич, Малафеев Радиогел Иванович, Вологодская Зинаида Алек-
сеевна, Мощанский Владимир Николаевич*

МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ФИЗИКИ

в 8—10 классах средней школы

Часть I

Редактор В. А. Обменина. Художник Н. Г. Блинов
Художественный редактор В. М. Прокофьев
Технический редактор Л. Е. Пухова
Корректор Н. И. Новикова

ИБ № 3356

Сдано в набор 05.02.79. Подписано к печати 06.11.79. 60×90¹/₁₆. Кн. жури. № 2. Гарнит.
литерат. Печать высокая. Усл. печ. л. 20+0,25 вкл. Уч.-изд. л. 20,71+0,26 вкл. Тираж
100 000 экз. Заказ 1950. Цена 90 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Просвещение» Государственного ко-
митета РСФСР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли. Москва, 3-й про-
езд Марьиной рощи, 41.

Полиграфкомбинат им. Я. Коласа Государственного комитета Белорусской ССР по де-
лам издательств, полиграфии и книжной торговли. 220827, Минск, Красная, 23.

904

